



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE
FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACIÓN TECHO GUATEMALA**

Carlos Antonio Durán López

Asesorado por el Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Guatemala, marzo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE
FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACIÓN TECHO GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

CARLOS ANTONIO DURÁN LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. GUILLERMO FRANCISCO MELINI SALGUERO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MARZO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Claudio Cesar Castañón Contreras
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACIÓN TECHO GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 13 de febrero de 2013.



Carlos Antonio Durán López

Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero

Ingeniería Civil, Sanitaria y Ambiental. Avalúos

Colegiado 2548

15 de enero 2015.

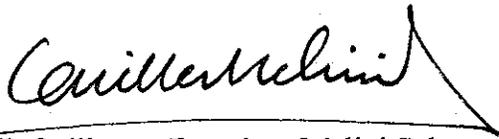
Ing. Wullian Ricardo Yon Chavarría
Jefe del Área de Planeamiento
Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Ingeniero Yon:

Después de analizar y revisar el trabajo de graduación titulado **“COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACIÓN TECHO GUATEMALA”**, presentado por el estudiante universitario de la carrera de Ingeniería Civil **CARLOS ANTONIO DURÁN LÓPEZ**, con No. de carné 2007-14475, tengo a bien manifestar que dicho trabajo ha sido ejecutado conforme a los requisitos establecidos.

Por lo anterior, en mi calidad de Asesor, me permito solicitar se continúen los trámites respectivos para su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted, atentamente,



Ing. Civil, Guillermo Francisco Melini Salguero
Asesor.

Guillermo Francisco Melini Salguero
INGENIERO CIVIL
Col. 2548



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil

Guatemala,
20 de febrero de 2015

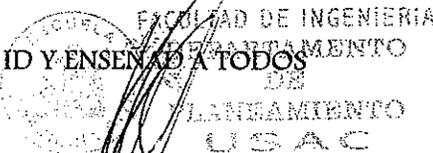
Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACIÓN TECHO GUATEMALA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Antonio Durán López, quien contó con la asesoría del Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

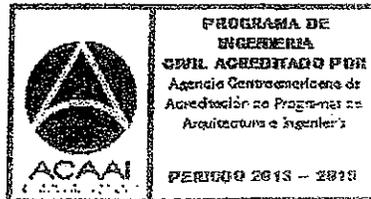
Atentamente



Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría
Jefe Del Departamento de Planeamiento

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero y del Jefe del Departamento de Planeamiento, Ing. Wuillian Ricardo Yon Chavarría, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Antonio Durán López, titulado **COMPARACIÓN DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACIÓN TECHO GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Hugo Leonel Montenegro Franco
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, marzo 2015

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Ref. DTG.125-2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **COMPARACION DE COSTOS ENTRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE FIBROCEMENTO Y MADERA FUNDACION TECHO GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Carlos Antonio Durán López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, marzo 2015

ACTO QUE DEDICO A:

Mi madre

Por ser mi ejemplo y mi apoyo en la realización de mis estudios universitarios.

Mi hermana

Por ser mi ejemplo a seguir y por siempre apoyarme.

Mi sobrina

Por ser la inspiración para ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por formarme y convertirme en un profesional con valores y conocimiento de la realidad de mi país.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi segundo hogar y por todo el conocimiento que adquirí.
A la fundación Techo	Por invitarme a formar parte de un cambio para mi país. Por abrirme los ojos a la realidad de pobreza que vive mi pueblo.
Mis amigos de la vida	Álvaro Zepeda, Diego Coronado, Ricardo Sánchez, Sergio Zepeda y Juan José Estrada.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Historia de la fundación Techo	1
1.1.1. Misión, visión y objetivos estratégicos	2
1.1.2. Modelo de trabajo con comunidades	3
1.1.3. Fase de construcción de viviendas de emergencia.....	5
1.2. Contexto de la fundación a nivel latinoamericano	9
1.2.1. Logros a nivel latinoamericano	9
1.2.1.1. Experiencias aprendidas	10
1.2.2. Metas.....	10
1.3. La vivienda de emergencia: definición y generalidades	11
1.3.1. Historia de la vivienda de emergencia	11
1.3.2. Modelos de vivienda de emergencia existentes	12
1.4. Materiales	12
1.4.1. Presentación de los materiales.....	13
1.4.1.1. Fibrocemento.....	13
1.4.1.2. Pino oocarpa.....	14
1.4.2. Modelo de vivienda de emergencia de madera	14

1.4.3.	Propuesta de vivienda de emergencia de fibrocemento.....	22
2.	FACTORES ECONÓMICOS, TÉCNICOS, AMBIENTALES Y DE USO	31
2.1.	Factores económicos	31
2.1.1.	Ventajas económicas de la madera	33
2.1.1.1.	Presentación de cotizaciones de madera para la fabricación de viviendas de la fundación Techo	33
2.1.1.2.	Tabla comparativa de precios según volúmenes de compra	35
2.1.1.3.	Desventajas económicas del uso de madera en la fabricación modular	37
2.1.2.	Ventajas económicas del fibrocemento	38
2.1.2.1.	Presentación de cotizaciones de fibrocemento para la fabricación de viviendas de la fundación Techo	38
2.1.2.2.	Desventajas económicas del uso de fibrocemento para la fabricación de viviendas	40
2.2.	Aspectos técnicos	40
2.2.1.	Ficha técnica del pino oocarpa	40
2.2.2.	Ficha técnica del fibrocemento	43
2.2.3.	Comparación de las características técnicas	48
2.2.4.	Ventajas y desventajas de aplicación de materiales.....	49

2.2.4.1.	Ventajas y desventajas del uso de madera en la fabricación de viviendas	49
2.2.4.2.	Ventajas y desventajas del uso de fibrocemento en la fabricación de viviendas.....	50
2.2.4.3.	Comparación de las ventajas y desventajas del uso de materiales.....	51
2.3.	Aspectos medioambientales.....	52
2.3.1.	Factores medioambientales en el uso de madera para la construcción de viviendas en Guatemala ...	52
2.3.2.	Factores medioambientales en el uso de fibrocemento para la construcción de viviendas en Guatemala	53
2.4.	Situación actual de los materiales	53
2.4.1.	Proveedores	54
2.4.1.1.	Proveedores de madera en Guatemala	54
2.4.1.2.	Proveedores de fibrocemento en Guatemala	54
2.4.1.3.	Consideraciones legales en el uso	55
3.	CRITERIOS ESTRUCTURALES EN LA FABRICACIÓN.....	57
3.1.	Criterios estructurales en el diseño de estructuras de madera	57
3.1.1.	Predimensionamiento de elementos de madera.....	58
3.1.2.	Análisis de estructuras de madera.....	59
3.1.3.	Diseño de elementos de madera	59

3.2.	Criterios estructurales en el diseño de estructuras de fibrocemento	63
3.2.1.	Cálculo de espesores de piezas de fibrocemento ...	63
3.2.2.	Análisis de estructuras de fibrocemento.....	64
3.2.3.	Diseño de elementos de fibrocemento	64
3.3.	Análisis y diseño estructural del modelo de vivienda de madera.....	64
3.3.1.	Análisis estructural	64
3.3.2.	Diseño estructural	75
3.4.	Análisis y diseño estructural del modelo de vivienda de fibrocemento	75
3.4.1.	Análisis estructural	75
3.4.2.	Diseño estructural	76
3.5.	Ventajas y desventajas estructurales	76
3.5.1.	Ventajas y desventajas estructurales del modelo de madera	76
3.5.2.	Ventajas y desventajas estructurales del modelo de fibrocemento.....	76
3.5.3.	Comparación estructural de los modelos de madera y fibrocemento.....	76
4.	COMPARACIÓN DE MODELOS CONSTRUCTIVOS	79
4.1.	Integración de costos de modelos de vivienda.....	79
4.1.1.	Integración de costos de modelo de vivienda de madera	79
4.1.2.	Integración de costos de modelo de vivienda de fibrocemento.....	81
4.2.	Análisis costo/beneficio de la implementación de los sistemas.....	82

CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89
APÉNDICES	91
ANEXOS	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de armado de panel de piso.....	16
2.	Esquema de armado de paneles de paredes frontales.....	18
3.	Esquema de armado de paneles de paredes traseros.....	18
4.	Esquema de armado de puerta.....	19
5.	Esquema de armado de ventana.....	19
6.	Modelo de vivienda de madera 3D.....	22
7.	Armado de estructura de panel de piso de fibrocemento.....	24
8.	Esquema de colocación de fibrocemento en paneles de piso.....	24
9.	Esquema de armado de estructura en paneles 1 y 2.....	25
10.	Esquema de armado de estructura en paneles 3 y 6.....	25
11.	Esquema de armado de estructura en paneles 4 y 5.....	26
12.	Esquema de modulación de fibrocemento en panel de piso.....	26
13.	Esquema de armado de piso.....	27
14.	Esquema de modulación de fibrocemento en paneles 1 y 2.....	27
15.	Esquema de modulación de fibrocemento en paneles 3 y 6.....	28
16.	Esquema de modulación de fibrocemento en paneles 4 y 5.....	28
17.	Esquema de colocación de paneles en el armado.....	29
18.	Colocación incorrecta de fijaciones de fibrocemento.....	30
19.	Paneles frontales.....	65
20.	Modelo matemático para el análisis estructural de los paneles frontales.....	65
21.	Iteraciones método de Cross 1.....	68
22.	Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores 1.....	69

23.	Panel lateral.....	70
24.	Modelo matemático para el análisis del panel lateral.....	71
25.	Iteraciones método de Cross 2	73
26.	Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores 2	74

TABLAS

I.	Despiece de vivienda de emergencia de madera	21
II.	Despiece de vivienda de fibrocemento con costos	23
III.	Precio de vivienda de emergencia	32
IV.	Cotización vivienda de madera para Techo.....	34
V.	Comparación de costos contra precios comerciales.....	36
VI.	Cotización de vivienda de emergencia de fibrocemento	39
VII.	Características técnicas del fibrocemento	43
VIII.	Espesores láminas de fibrocemento	45
IX.	Dimensiones de láminas de fibrocemento	46
X.	Comparación técnica entre madera y fibrocemento.....	48
XI.	Ventajas y desventajas de la madera	49
XII.	Ventajas y desventajas del fibrocemento.....	50
XIII.	Proveedores de madera en zonas de influencia de Techo	54
XIV.	Esfuerzos básicos para maderas guatemaltecas verde y seca	58
XV.	Incremento de esfuerzos para cargas de corta duración	63
XVI.	Dimensiones de elementos estructurales y cálculo de inercia 1	66
XVII.	Dimensiones de elementos estructurales y cálculo de inercia 2.....	72
XVIII.	Integración de costos de vivienda de madera.....	80
XIX.	Integración de costos de vivienda de fibrocemento	81
XX.	Comparación de costos de ambos modelos constructivos	82
XXI.	Comparación de costos en un lapso de 50 años	83

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
B	Base
W	Carga distribuida
cm	Centímetro
US\$	Dólar estadounidense
gr	Gramo
hr	Humedad relativa
I	Inercia
Kg	Kilogramo
PSI	Libras por pulgada cuadrada
L	Longitud
cm⁴	Medida de Inercia del sistema internacional
m	Metro
mm	Milímetro
N	Newton
pH	Porcentaje de hidrogeno
Q	Quetzal
Ton-m	Unidad de torque. Tonelada métrica por metro

GLOSARIO

Asentamiento	Comunidad o grupo de personas en un área geográfica específica, que viven en situación de pobreza.
Biodeterioro	Es un fenómeno complejo que implica alteraciones de las propiedades físicoquímicas y mecánicas del material por acción de organismos biológicos.
Costaneras	Elementos de apoyo para la cubierta de techo del modelo de vivienda de la fundación Techo.
Diagnóstico	Proceso de análisis de necesidades utilizado por la fundación Techo.
Encuestamiento	Proceso de evaluación socioeconómico de una familia en pobreza.
Fibrocemento	Plancha obtenida de la mezcla de cemento tipo portland y resinas orgánicas.
Flexión	Es la reacción mecánica a un fomento perpendicular al eje longitudinal de un sistema estructural.

FOB	Término de negociación que implica el costo de un producto hasta el momento de ser cargado en el medio de transporte que lo llevará a su destino final.
LEA	Término de negociación que implica todos los costos indirectos del modelo de vivienda de la fundación Techo significa logística, asignación y escuela.
Machihembrado	Sistema de ensamblaje de madera que consiste de molduras “macho” y “hembra”.
Momento	Es la magnitud obtenida como producto vectorial del vector posición por el vector fuerza.
Pilotes	Cimientos del modelo de vivienda de la fundación Techo.
Pie tablar	Pies cúbicos de madera.
Vigas	Elementos estructurales que resisten los esfuerzos de flexión.
Vivienda	Solución habitacional presentada por la fundación Techo a familias en situación de pobreza.

RESUMEN

En Guatemala, la pobreza es una problemática que consta de múltiples aristas, para las cuales existen pocas iniciativas que buscan solucionarlas. La fundación Techo Guatemala busca solucionar esta problemática, a través de una metodología multidimensional, dentro de las cuales se encuentra la construcción de viviendas transitorias para las familias que viven en situación de pobreza, por medio de un proceso participativo que fomenta el desarrollo comunitario.

La fundación Techo Guatemala cuenta con dos modelos de vivienda, las cuales se diferencian tanto en su materialidad, propiedades mecánicas y costos. Debido a que la misma opera a través de un presupuesto limitado basado en donaciones de particulares, es necesario analizar las implicaciones económicas que conlleva la aplicación de los modelos mencionados.

El primer modelo de vivienda está fabricado de madera de pino cruda. El segundo modelo está fabricado a partir de una estructura de madera de pino seca al horno y forros de fibrocemento, así como, una cubierta de fibrocemento de mayor tamaño para el piso. Ambos modelos cuentan con un techo de lámina de aluzinc con las mismas características y ambos tienen las mismas dimensiones.

Este estudio compara ambos modelos desde una perspectiva estructural, de tiempo de servicio y económica, para lo cual se presentarán las especificaciones técnicas e integraciones de costos de las mismas.

OBJETIVOS

General

Comparar el modelo de vivienda aplicado por Techo Guatemala hasta la fecha con la propuesta de vivienda de fibrocemento.

Específicos

1. Realizar un estudio comparativo de los aspectos técnicos, económicos y medioambientales de los materiales, entre el modelo de vivienda de emergencia de madera y la alternativa de fibrocemento.
2. Conocer la relación costo beneficio de la implementación de este modelo de vivienda, en comparación con el modelo de vivienda de madera.
3. Determinar las ventajas y limitaciones que conlleva implementar este modelo de vivienda.
4. Definir el comportamiento de la interacción entre la madera (marcos estructurales) y el fibrocemento (forros y entrepiso).

INTRODUCCIÓN

Uno de los ejes de trabajo desarrollado por Techo Guatemala consiste en la provisión de viviendas de emergencia, a hogares en situación de vulnerabilidad en sus condiciones de habitabilidad. Si bien en general la vivienda de emergencia de madera presenta una calidad de materialidad significativamente mejor que la o las estructuras original(es), sigue siendo una vivienda de emergencia y por tanto cuenta con limitaciones (no incluye baño, no cuenta con conexión a redes de agua potable, no cuenta con instalaciones eléctricas, no cuenta con conexión a redes de alcantarillado, entre otros), incluso en su misma materialidad.

El interés por este tema de estudio se debe a la magnitud del problema del gran impacto que tiene la situación de pobreza en la que viven, según el ENCOVI 2011¹, 54 por ciento de la población de Guatemala y de cómo el déficit habitacional es uno de los ejes principales que afecta la calidad de vida de grupos de población, situados en rangos de pobreza y pobreza extrema. El déficit habitacional, según el FOGUAVI² es de más de 1 220 000 viviendas distribuidas en 39 por ciento cuantitativo y el 61 por ciento cualitativo.

..¹ ENCOVI 2011, Como su nombre lo indica, es la encuesta que permite conocer las condiciones de vida de la población guatemalteca, así como los cambios en los niveles de pobreza y determinantes que inciden en estos cambios. Fuente: <http://www.ine.gob.gt/np/encovi/encovi2011.htm>

² FOGUAVI, El Fondo Guatemalteco para la Vivienda que puede abreviarse con las siglas (FOGUAVI), tiene como objetivo apoyar a las familias guatemaltecas en situación de pobreza y pobreza extrema, en sus esfuerzos de provisión de una solución habitacional a través de la asignación de subsidios directos, que con el aporte familiar y, si fuera el caso, el préstamo complementario, permita adquirir la solución habitacional a las familias. Fuente: http://www.foguavi.gob.gt/WXFoguavi/Que_es_FOGUAVI.html

Tratando de ofrecer una mejora significativa en esta materialidad de la vivienda de emergencia, Techo se encuentra frente a la propuesta de una alternativa de vivienda fabricada de fibrocemento. Este estudio pretende dar una luz sobre las mejoras que este diseño puede generar a las familias beneficiadas y demostrar, por medio de la comparación del modelo de madera con el de fibrocemento, cual es la mejor opción.

1. GENERALIDADES

1.1. Historia de la fundación Techo

Un Techo para mi País (UTPMP) es una organización latinoamericana que nace en Chile en 1997, de la mano de un grupo de jóvenes apoyados por Felipe Berrios S.J., motivados por la necesidad de denunciar la situación de extrema pobreza en que viven millones de personas en las comunidades o asentamientos precarios. Inicialmente, parte con la construcción masiva de viviendas de emergencia, para luego implementar planes de habilitación social (desarrollo comunitario y promoción social); con el enfoque de convocar a toda la sociedad en esta labor, dando a conocer la falta de oportunidades y las condiciones en que viven más de 200 millones de latinoamericanos, lo cual representa una injusticia.

En 1997 un grupo de jóvenes comenzó a trabajar por el sueño de superar la situación de pobreza en la que vivían millones de personas. El sentido de urgencia en los asentamientos los movilizó masivamente a construir viviendas de emergencia, en conjunto con las familias que vivían en condiciones inaceptables, y a volcar su energía en busca de soluciones concretas a las problemáticas que las comunidades afrontaban cada día.

Esta iniciativa se convirtió en un desafío institucional que hoy se comparte en todo el continente. Desde sus inicios en Chile, seguido por El Salvador y Perú Techo emprendió una expansión, y luego de 15 años mantiene operación en 19 países de la Latinoamérica: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Haití, Honduras, El Salvador, Perú, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Uruguay y Venezuela.

Techo nace todos los días del encuentro de voluntarios y familias que viven en asentamientos, en un trabajo conjunto para superar la pobreza y exclusión.

1.1.1. Misión, visión y objetivos estratégicos

- Visión

Una sociedad justa y sin pobreza, donde todas las personas tengan las oportunidades para desarrollar sus capacidades y puedan ejercer y gozar plenamente sus derechos.

- Misión

Trabajar en los asentamientos precarios para superar la pobreza, a través de la formación y la acción conjunta de sus pobladores y jóvenes voluntarios, promoviendo el desarrollo comunitario, denunciando la situación en la que viven las comunidades más excluidas e incidiendo junto a otros en política.

Techo tiene la convicción de que la pobreza se puede superar definitivamente, si la sociedad en su conjunto logra reconocer que este es un problema prioritario y trabaja activamente por resolverlo.

- Objetivos estratégicos

- El fomento del desarrollo comunitario en asentamientos precarios, a través de un proceso de fortalecimiento de la comunidad, que desarrolle liderazgos validados y representativos, y que impulse la organización y participación de miles de pobladores de

asentamientos, para la generación de soluciones a sus problemáticas.

- La promoción de la conciencia y acción social, con especial énfasis en la masificación del voluntariado crítico y propositivo, trabajando en terreno con los pobladores de los asentamientos e involucrando a distintos actores de la sociedad.
- La incidencia en política, que promueva los cambios estructurales necesarios, para que la pobreza no se siga reproduciendo y disminuya rápidamente.

1.1.2. Modelo de trabajo con comunidades

A continuación se procederá detallar el modelo de trabajo con comunidades, para luego desarrollar las necesidades que pueden ser cubiertas como resultado de la cooperación.

Techo impulsa un proceso continuo de fortalecimiento de la comunidad, considerando el desarrollo comunitario como eje transversal del trabajo en asentamientos.

La precariedad habitacional es uno de los problemas prioritarios y urgentes de los asentamientos. Por eso se lleva a cabo la construcción de viviendas de emergencia, a través de la cual se lleva una solución concreta y a corto plazo para esta necesidad. Además, que se impulsa un trabajo en conjunto entre voluntarios y pobladores, con un enfoque comunitario que promueve la organización y participación de la comunidad.

Posteriormente, Techo conforma la Mesa de Trabajo, instancia semanal de reunión y diálogo entre líderes comunitarios y jóvenes voluntarios. En estos espacios se identifican otras necesidades aparte de la de vivienda, impulsándose talleres de educación, trabajo, fomento productivo, fondos concursables y salud.

Techo promueve la vinculación a redes para potenciar los programas mencionados anteriormente y para desarrollar otros proyectos, que contribuyan a la generación de soluciones integrales. Estas soluciones potencian las capacidades individuales y colectivas de autogestión en la comunidad.

Como última fase del modelo, se busca implementar soluciones definitivas en los asentamientos precarios, como la regularización de la propiedad, servicios básicos, vivienda, infraestructura comunitaria y desarrollo local.

- Etapas del modelo
 - Investigación inicial para selección de comunidades.
 - Reconocimiento de asentamientos.
 - Asambleas iniciales.
 - Selección de comunidades.
 - Encuestamiento y sistematización.
 - Selección de las familias.
 - Asignación de las familias para construcción de viviendas de emergencia.
 - Preconstrucción.
 - Construcción.
 - Posconstrucción.
 - Conformación de la Mesa de Trabajo.
 - Diagnóstico Comunitario Participativo.
 - Consolidación de la Mesa de Trabajo.

- Plan de acción de la Mesa de Trabajo.
- Soluciones definitivas.

1.1.3. Fase de construcción de viviendas de emergencia

- Selección de las familias para proyecto de vivienda de emergencia

Selección de familias que viven en condiciones habitacionales precarias de las comunidades con las que se trabaja para la construcción de viviendas de emergencia. Para la correcta selección de las familias, se proponen los siguientes lineamientos:

- Análisis cuantitativo

Análisis de la puntuación ofrecida por pilote, a partir de la información sistematizada, conforme a los criterios establecidos. Los criterios básicos de asignación son: condición de la vivienda, estructura familiar, condición de hacinamiento, condición económica y acceso a servicios básicos.

- Análisis cualitativo

Proceso de deliberación de la información sobre las condiciones habitacionales de la familia. Estas instancias de deliberación son dirigidas por los voluntarios activos en el asentamiento y se fundamentan en analizar desde la experiencia del encuestamiento, las percepciones que se tienen de las condiciones de vulnerabilidad de las familias encuestadas. A través de esto se busca proporcionar espacios para que los voluntarios que realizaron el proceso de

encuestamiento reflexionen, participen y retroalimenten los criterios que definen el nivel de urgencia de las familias.

De esta manera, a partir de un análisis cuantitativo y cualitativo, se determina la situación de cada familia y el procedimiento a seguir con la misma, identificando cuáles son asignables y definiendo un nivel de prioridad para cada una, con relación al proyecto de construcción de viviendas de emergencia.

- Socialización de la información

Socialización de los resultados del proceso de selección de familias para la construcción de viviendas de emergencia a la comunidad. La comunicación de esta información busca generar espacios de transparencia con las familias encuestadas, ofreciendo información sobre su caso. Se deberá analizar y definir la mejor forma de transmitir esta información a la comunidad según cada contexto, teniendo en cuenta la importancia de manejar responsablemente los resultados obtenidos y analizados, evitando conflictos y controversias entre las familias de la comunidad.

- Asignación de las familias para construcción de viviendas de emergencia

Partiendo de la planificación y confirmación de las construcciones, la asignación de viviendas a las familias que se identificaron como prioritarias, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Entrega de documentos del hogar. La familia deberá hacer entrega de ciertos documentos básicos como: documentos de identificación

de los miembros del hogar, documento que certifica propiedad o tenencia del terreno, entre otros. Aunque el hecho que no sean entregados, no excluye a ninguna familia de la posible asignación, según el criterio del voluntario que realice la misma.

- Firma del compromiso o convenio entre la familia y Techo. Esta acta debe determinar los compromisos y responsabilidades que adquiere Techo y la familia en los procesos y actividades de preconstrucción, construcción y posconstrucción.
 - Recaudo del pago de la vivienda de emergencia. La familia deberá realizar el pago de un 8 por ciento en relación al costo de la vivienda, que debe efectuarse antes de la construcción, en función del calendario de pagos acordado entre ambas partes. Este pago es de Q 800.
 - Adecuación de los terrenos. La familia deberá adecuar el terreno para la construcción de la vivienda de emergencia, según lo indicado por los voluntarios.
- Preconstrucción

Fortalecimiento de la participación y organización comunitaria en torno a la actividad de construcción. La construcción implica el uso de espacios públicos en la comunidad, la movilización masiva de voluntarios en su interior y la necesidad de apoyo entre pobladores, considerando mínimos de seguridad.

- Asambleas preconstrucción

- Descarga comunitaria de materiales
- Construcción
 - Construcción de viviendas de emergencia

El proceso constructivo se lleva a cabo con la participación de voluntarios, familias beneficiarias y otros pobladores del asentamiento. La construcción genera los primeros vínculos de confianza y compromiso entre Techo y las comunidades, al ser una solución concreta, tangible y realizable al corto plazo.

- Actividades de proyección comunitaria
- Estas actividades se realizan durante la construcción y buscan generar participación, cohesión e integración en la comunidad. Contribuyendo a que la construcción de viviendas de emergencia se enmarque como una actividad de interés colectivo y a la preparación de la comunidad para posteriores acciones, que impliquen organización e involucramiento por parte de los pobladores.
- Posconstrucción
- Posterior a la construcción de viviendas de emergencia, se busca seguir fortaleciendo el vínculo con la comunidad, a partir de iniciativas que impulsen el trabajo conjunto y que generen espacios participativos que den continuidad al proceso comunitario iniciado. Siguiendo esta línea se busca desarrollar las siguientes acciones:

- Evaluaciones posconstrucción

Con el objetivo de evaluar las actividades y procesos desarrollados en conjunto con la comunidad y el impacto de los mismos, se plantea realizar las siguientes evaluaciones:

- Evaluación técnica de la vivienda.
- Evaluación de satisfacción de la vivienda y del impacto comunitario.
- Evaluación de los procesos desarrollados.

1.2. Contexto de la fundación a nivel latinoamericano

A continuación se presenta información clave para conocer los logros y desafíos de la fundación a nivel latinoamericano.

1.2.1. Logros a nivel latinoamericano

- Hasta la fecha, 85 000 familias de asentamientos han trabajado en conjunto a los voluntarios en la construcción de su vivienda.
- Se han movilizad 500 000 voluntarios en América Latina por terminar con la pobreza y la exclusión.
- Mesas de trabajo implementadas en asentamientos precarios 452.
- Más de 8 600 pobladores graduados en oficios.
- Se han construido 344 sedes comunitarias en asentamientos.
- Más de 15 000 niños que viven en asentamientos han participado en los programas de educación.

- Aproximadamente 3 310 viviendas definitivas entregadas.

1.2.1.1. Experiencias aprendidas

Con base en muchas malas experiencias en las comunidades, la falta de seguimiento por parte del voluntariado y la necesidad de generar una forma de trabajo sostenible en el tiempo y que realmente hiciera cumplir los objetivos estratégicos propuestos por Techo. Se decidió generar un modelo de trabajo con comunidades (MTCC) el cual contuviera una metodología que permitiera cumplir todo lo antes mencionado.

A través de la realización de un estudio de impacto de la vivienda de emergencia en El Salvador, Uruguay y México, se determinó que la vivienda tiene impactos positivos en la dignidad de las familias de las comunidades, pero sin un acompañamiento constante y sin la implementación de otro tipo de proyectos más a largo, las mismas no son suficientes para superar la pobreza.

1.2.2. Metas

- Construir 13 000 viviendas de emergencia en asentamientos latinoamericanos.
- Movilizar 156 000 voluntarios en todo el continente.
- Implementar 175 nuevas mesas de trabajo en asentamientos.
- Construir 109 nuevas sedes comunitarias en asentamientos.
- Capacitar a 7 500 pobladores en un oficio.

- Obtener 2 241 subsidios para viviendas definitivas.

1.3. La vivienda de emergencia: definición y generalidades

A continuación se presenta información general para entender el modelo de vivienda utilizado por la fundación Techo.

1.3.1. Historia de la vivienda de emergencia

La creación de las viviendas de emergencia como tal, se asocian generalmente con las viviendas construidas posteriormente al terremoto de 1939 en Chile, específicamente en la región de Chillan. Pero el verdadero origen de las mismas nace en los asentamientos irregulares, que nacen de invasiones de terrenos. En dichas localidades, las personas fabricaban sus casas en forma bastante similar a lo que hoy se conoce como vivienda de emergencia, usando madera, planchas de asbesto, concreto, plástico, cartón y cualquier material que hubiera sido desechado, con el cual pudieran fabricar la misma.

En 1958 a raíz de que el sacerdote jesuita Josse Van Der Rest fuera enviado a trabajar a Chile, el mismo, junto a jóvenes estudiantes universitarios de la época, dedicaron parte de su tiempo a construir mejores viviendas para las familias que habitaban en los asentamientos irregulares. Empezaron comprando algunos materiales como fonolita y madera, con los cuales recorrían los asentamientos construyendo las viviendas, emulando el trabajo del padre Alberto Hurtado. Construían aproximadamente 70 casas al año. A partir de esta experiencia empezaron a industrializar el proceso de fabricación.

Inicialmente se construían viviendas de emergencia de 3 x 3 metros, las cuales fueron siendo reemplazadas poco a poco con viviendas con las medidas

actuales de 3 x 6 metros, que ha construido Techo a lo largo de su historia. Para definir esta medida se tomó en cuenta que en promedio cada núcleo familiar, está compuesto por 5 personas y según los estándares internacionales definen un área de 3,5 metros cuadrados para que una persona viva, por lo que se definió que la vivienda debía tener como mínimo 18 metros cuadrados (3 x 6 metros).

Además, se ha sustituido el piso de tierra por el uso de un piso asentado en pilotes de madera y también de paneles prefabricados, también de madera. Se implementaron también cambios en búsqueda de mejorar la durabilidad y la estética de la vivienda, como la implementación de dos caídas de agua en lugar de una sola.

1.3.2. Modelos de vivienda de emergencia existentes

En la actualidad, para la fundación en Guatemala, se cuenta con dos modelos de vivienda de emergencia. El primero siendo el modelo de vivienda de madera y el segundo el de fibrocemento, los cuales serán descritos a detalle en capítulos posteriores.

1.4. Materiales

Los materiales que se analizarán en esta sección, corresponden a los que se utilizan en la actualidad para fabricar los modelos de vivienda que la fundación Techo construye en las comunidades.

1.4.1. Presentación de los materiales

Los materiales utilizados por la fundación Techo son madera y fibrocemento.

1.4.1.1. Fibrocemento

El fibrocemento se obtiene mezclando cemento Portland con fibras de celulosa mineralizada.

Tiene una serie de propiedades comunes a toda clase de objetos fabricados con cemento, caracterizándose por su bajo peso, homogeneidad en toda su estructura, gran resistencia mecánica, capacidad aislante elevada, incombustible y resistente a agentes de putrefacción (plagas, hongos, entre otros), además que puede serrucharse, clavarse y tornearse como la madera. También se puede teñir con colorantes.

Gracias a su composición físicoquímica, el fibrocemento es sólido, resistente a esfuerzos, a las variaciones del medio ambiente, al agua y sol, así como a los insectos y roedores.

Este material se clasifica como frágil.

- **Materias primas**

Las materias primas principales con las que se elabora el fibrocemento provienen de materiales tradicionales y de uso común. A través de un complejo sistema de transformación industrial cemento y fibras naturales son procesados para la creación de planchas o láminas rectangulares.

1.4.1.2. Pino oocarpa

El pino oocarpa o pino amarillo como es comúnmente conocido, es un árbol nativo de América. Su nombre pino amarillo designa a otras cuatro especies de árboles, ya que se considera como la especie progenitora que sirvió como ancestro para dichas especies: *Pinus oocarpa*, *Pinus palustris*, *Pinus echinata*, *Pinus taeda*, *Pinus elliottii*. La madera de estas especies se comercializa como pino amarillo, y se clasifica según las normas de la Southern Pine Inspection Bureau (SPIB)³, a su vez aprobadas por American Lumber Standard Committee (ALSC)⁴. En Guatemala y en la región no existen normas para garantizar la calidad de la madera, por lo que se utilizaron las antes mencionadas.

1.4.2. Modelo de vivienda de emergencia de madera

- Paneles de madera

Estos son construidos, tanto el revestimiento como su estructura, con madera. Las uniones se realizan en su totalidad con clavos de acero.

³ Southern Pine Inspection Bureau: es una organización sin fines de lucro localizada en Pensacola, Florida, EE.UU. Su función principal es supervisar que los estándares de mantenimiento de los productos de la industria de pino del sur de EE.UU.

⁴ American Lumber Standard Comimittee Incorporated (ALSC): es una organización sin fines de lucro creada en el estado de Maryland, EE.UU. Compuesta por productores, distribuidores, usuarios y consumidores de madera. Su función es representar a todos los que buscan aplicar el sistema ALS para la producción de productos madereros.

- Calidad y terminación

Todos los elementos de madera provienen de *pino oocarpa*, *caribbaea*, *maximinoi* u otra madera blanda / semidura de calidad similar. La madera es de excelente calidad y exenta de fallas (nudos muertos, rajaduras o polilla). Los paneles son entregados perfectamente armados y ensamblados listos para su montaje.

- Dimensiones

Cada uno de los elementos a proveer, de acuerdo a los planos correspondientes por unidad de vivienda, deberá respetar estrictamente las dimensiones allí indicadas. No obstante, se entiende que la unión de la totalidad de las maderas tanto en los paneles como en puertas y ventanas debe ser en un todo de acuerdo a su fin. Es decir, de dimensiones y cantidades necesarias para mantener la rigidez estructural y durabilidad de las mismas y que resulten aptos para su finalidad, aun cuando no estuvieran expresamente indicados en la presente documentación.

- Cantidades

Todas las cantidades expresadas en el presente pliego son las necesarias para la construcción de una (1) vivienda.

- Detalle de materiales

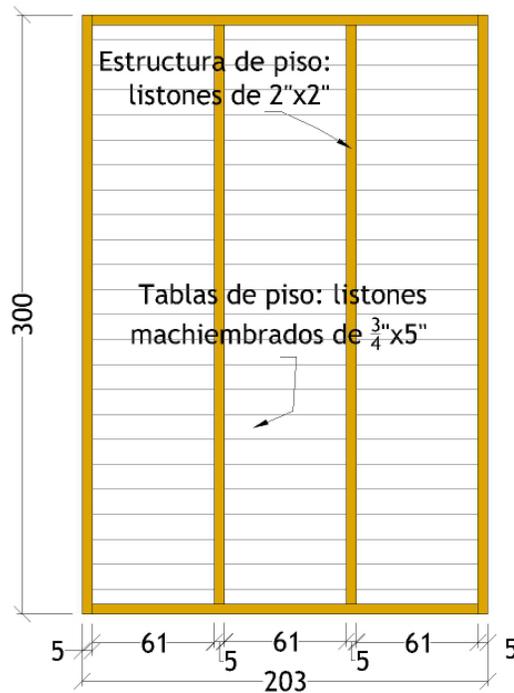
- Paneles de piso

- Cantidad: 3

Los paneles de piso poseen una estructura de bastidores de madera de 2 x 2 pulgadas sobre la cual se asienta un revestimiento de madera de 1 x 4 pulgadas según detalle en plano. Las uniones de los bastidores se realizan con clavos estriados para madera de 4 pulgadas. La unión del bastidor con el machihembrado de madera se realiza con clavos estriados para madera de $2\frac{1}{2}$ pulgadas en todos los puntos de contacto entre las maderas del machihembrado y el bastidor.

A continuación se muestra un esquema de armado del panel de piso:

Figura 1. **Esquema de armado de panel de piso**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

- Paneles de pared

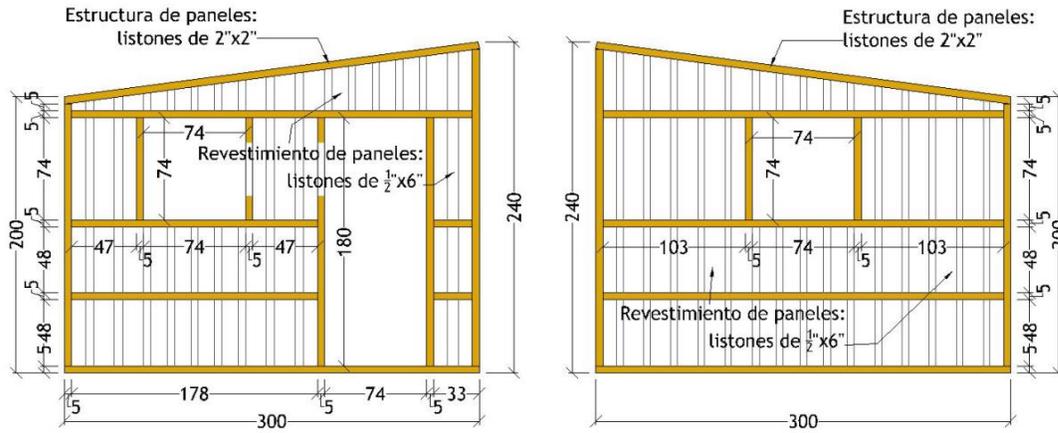
Los paneles verticales están constituidos por:

- Panel frontal izquierdo (cantidad: 1)
- Panel frontal derecho / trasero izquierdo (cantidad: 2)
- Panel trasero derecho (cantidad: 1)
- Panel lateral (cantidad: 2)

Los paneles verticales poseen una estructura de bastidores de madera de 2 x 2 pulgadas sobre la cual se asienta un revestimiento de solape horizontal de $\frac{3}{4}$ x 4 pulgadas según se detalla en el plano. Las uniones de los bastidores se realiza con clavos estriados para madera 4 pulgadas. La unión del bastidor con el revestimiento de madera se realiza con clavos estriados para madera de 2 pulgadas.

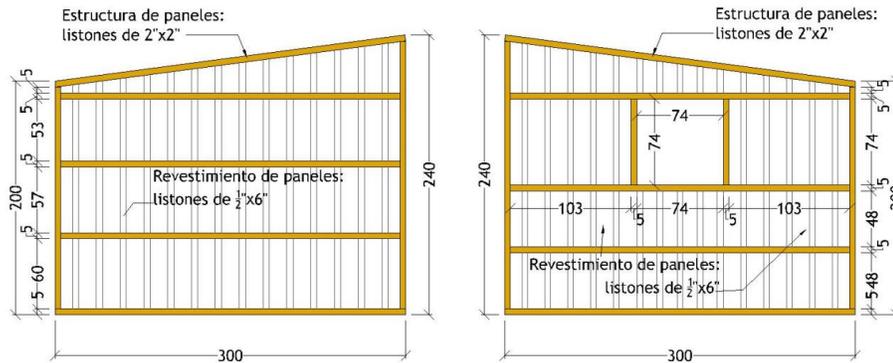
A continuación se muestran los esquemas de armado para los paneles de las paredes.

Figura 2. Esquema de armado de paneles de paredes frontales



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 3. Esquema de armado de paneles de paredes traseros



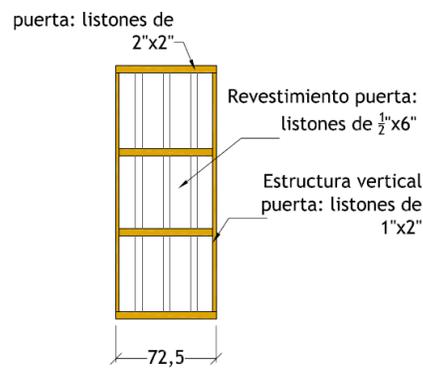
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

- Puerta y ventanas
 - Puerta (cantidad: 1)

- Ventana (cantidad: 3)

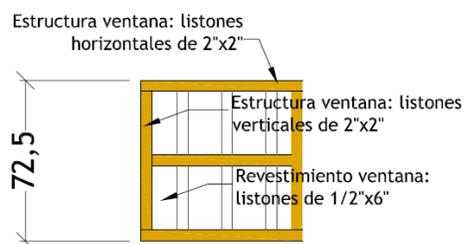
Las puertas poseen una estructura de bastidores de madera de una pulgada 2 x 2 pulgadas sobre la cual se asienta un solapado de madera de una pulgada 1 x 4 pulgadas. Las ventanas están constituidas por una estructura de marcos de madera de 2 x 2 pulgadas. Las uniones de los bastidores se realizan con clavos estriados para madera de 4 pulgadas.

Figura 4. **Esquema de armado de puerta**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 5. **Esquema de armado de ventana**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

- Vigas, costaneras y pilotes

Aparte de los paneles de piso, paneles verticales, puertas y ventanas se requiere:

- Vigas de techo de 1 x 4 pulgadas (cantidad: 8).
- Costaneras de 2 x 2 pulgadas (cantidad 6).
- Vigas de piso de 4 x 4 pulgadas (cantidad: 6).
- Pilotes (Poste para cerco G4 4 pulg. de diámetro, impregnados CCA 0,4 lb/ft³) (cantidad: 12).

La totalidad de las vigas y costaneras serán enteramente de madera en perfectas condiciones, sin fallas ni curvatura.

Tabla I. **Despiece de vivienda de emergencia de madera**

Estructura y revestimientos de paredes					
B	H	Largo	Pies tablares	Cantidad	Pies tablares totales
2	2	10	3,33	38	126,67
2	2	8	2,67	4	10,67
2	2	7	2,33	14	32,67
2	2	6	2,00	4	8,00
2	2	3	1,00	14	14,00
2	2	2	0,67	12	8,00
1	2	1	0,17	2	0,33
1	2	6	1,00	2	2,00
5/8	6	8	2,50	58	145,00
5/8	6	7	2,19	70	153,13
5/8	6	6	1,88	7	13,13
5/8	6	4	1,25	21	26,25
5/8	6	3	0,94	14	13,13
5/8	6	2	0,63	28	17,50
5/8	1 1/2	3	0,23	2	0,47
2	4	8	5,33	9	48,00
1	4	12	4,00	8	32,00
2	2	12	4,00	8	32,00
1/2	4	8	1,33	2	2,67
4		2,62	-	12	-
Total					685,62
Duela de piso (machihembrado y cepillado de 1 lado)					
B	H	Largo	Pies tablares	Cantidad	Pies tablares totales
1	6	7	3,50	66	231,00
Total					231,00

Fuente: elaboración propia.

- Modelo de vivienda

Figura 6. **Modelo de vivienda de madera 3D**



Fuente: Techo Guatemala.

1.4.3. Propuesta de vivienda de emergencia de fibrocemento

- Modelo de vivienda:

El modelo de vivienda propuesto consiste en una combinación de materiales, que busca la eficiencia en el aprovechamiento de materiales con la mejor relación costo beneficio. El mismo consiste en una combinación entre una estructura de madera (pino oocarpa secado al horno con acabado rústico) y forros de fibrocemento.

- Despiece de madera:

La tabla que se muestra a continuación muestra el despiece de madera necesario para la fabricación de 1 vivienda con los costos de venta del proveedor seleccionado por Techo.

Tabla II. **Despiece de vivienda de fibrocemento con costos**

Costo por pie tablar	Q	US\$			
Madera seca al horno	Q5,75	\$0,72			
Madera rustica	Q5,00	\$0,63			
Cant	B	H	L (pies)	Pies tablares	Total pies tablares
16	2	2	6	2,00	32,00
18	2	2	7	2,33	42,00
26	2	2	8	2,67	69,33
23	2	2	10	3,33	76,67
6	2	3	8	4,00	24,00
2	2	3	10	5,00	10,00
2,25	2	4	8	5,33	12,00
Total					266,00

Cant	B	H	L (pies)	Pies tablares	Total pies tablares
8	2	2	12	4,00	32,00
8	1	4	12	4,00	32,00
Total					64,00

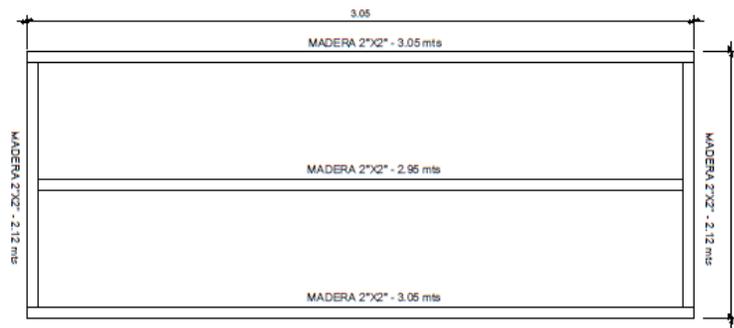
Cant	B	H	L (pies)	Pies tablares	Total pies tablares
15	4	4	2,6568	3,54	53,14
6	2	4	12	8,00	48,00
Total					101,14

TOTAL					431,14
-------	--	--	--	--	--------

Fuente: elaboración propia.

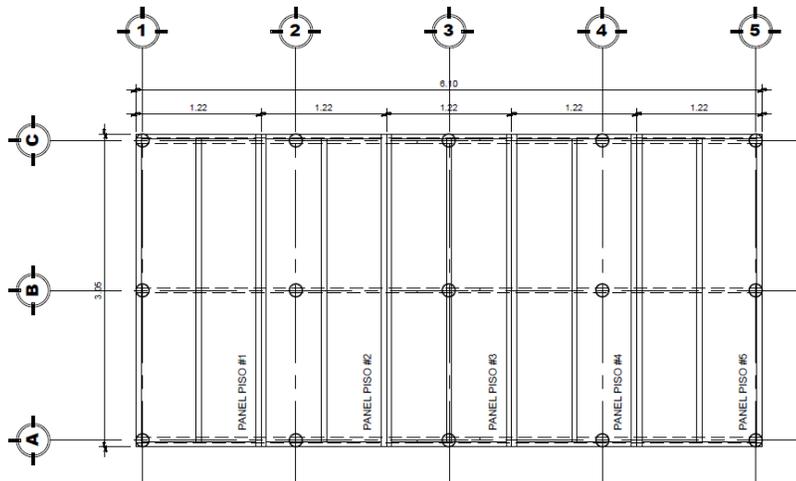
- Esquema de armado de estructura:
 - Piso

Figura 7. Armado de estructura de panel de piso de fibrocemento



Fuente: Rocaláminas, S. A.

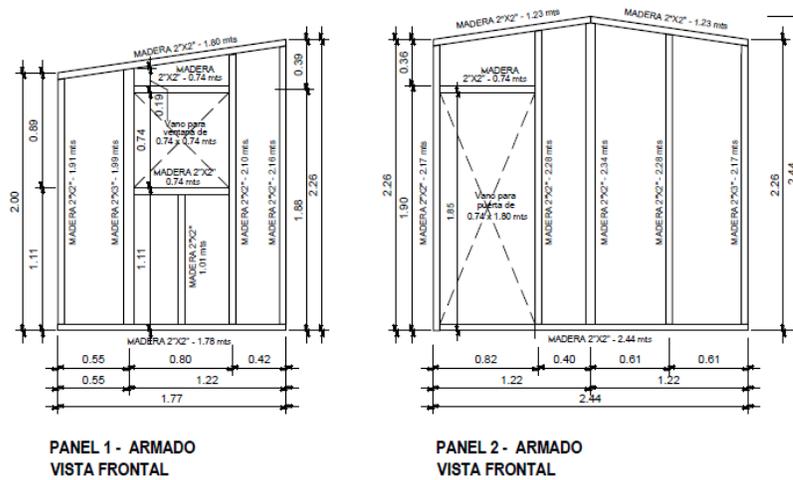
Figura 8. Esquema de colocación de fibrocemento en paneles de piso



Fuente: Rocaláminas, S. A.

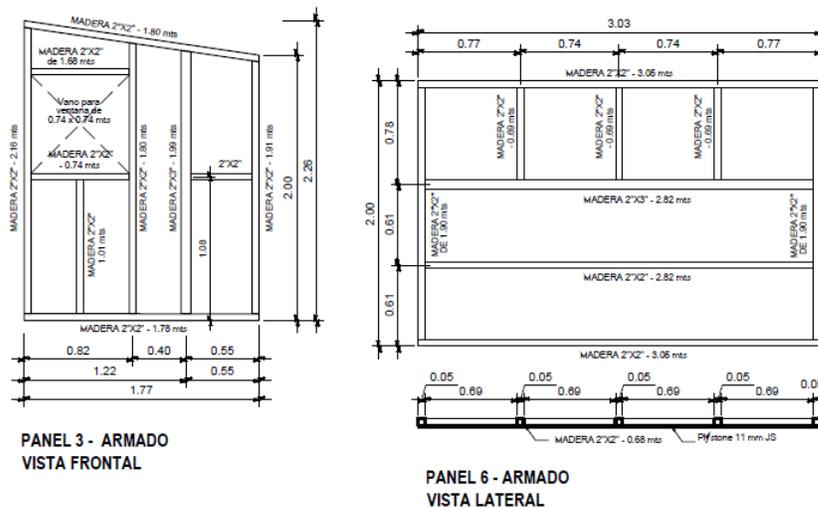
- Muros

Figura 9. Esquema de armado de estructura en paneles 1 y 2



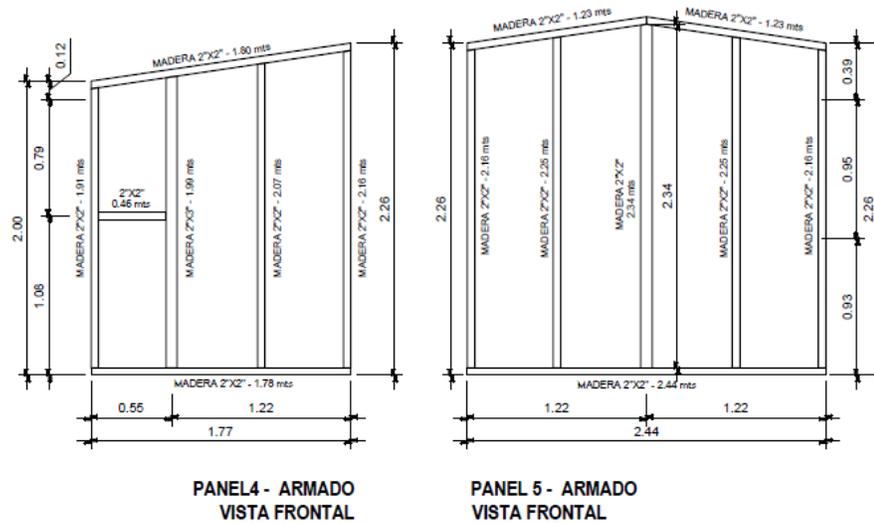
Fuente: Rocaláminas, S. A.

Figura 10. Esquema de armado de estructura en paneles 3 y 6



Fuente: Rocaláminas, S. A.

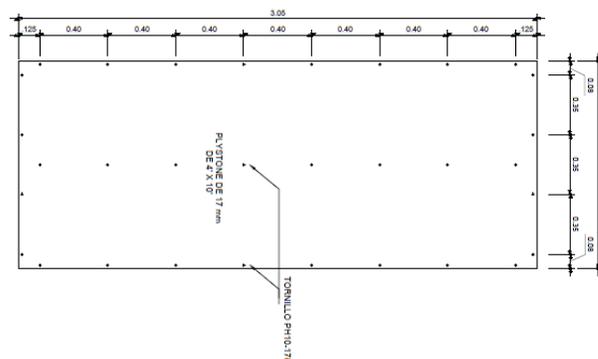
Figura 11. Esquema de armado de estructura en paneles 4 y 5



Fuente: Rocaláminas, S. A.

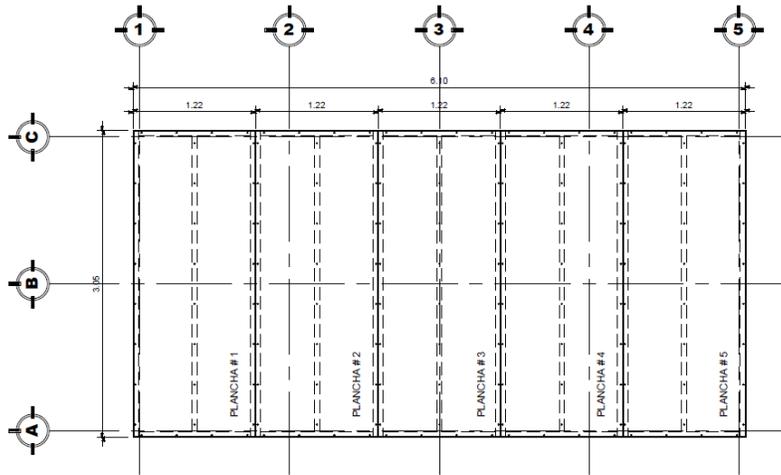
- Modulación de planchas
 - Piso

Figura 12. Esquema de modulación de fibrocemento en panel de piso



Fuente: Rocaláminas, S. A.

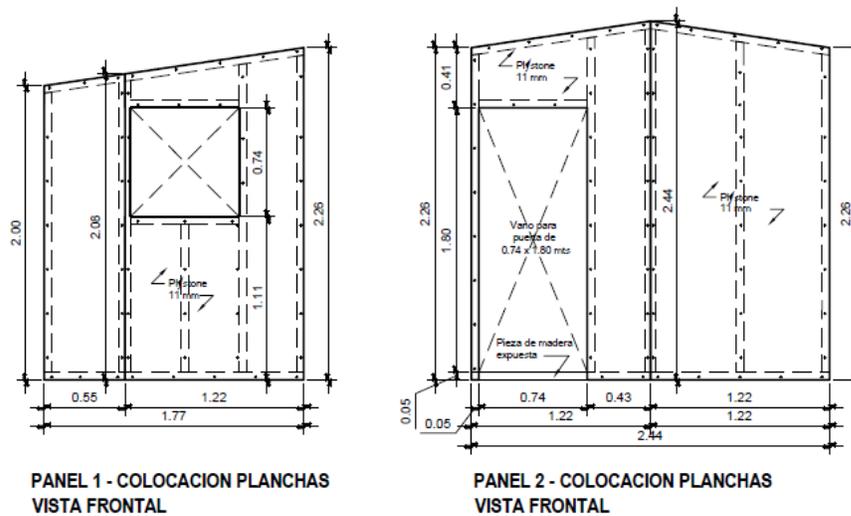
Figura 13. Esquema de armado de piso



Fuente: Rocaláminas, S. A.

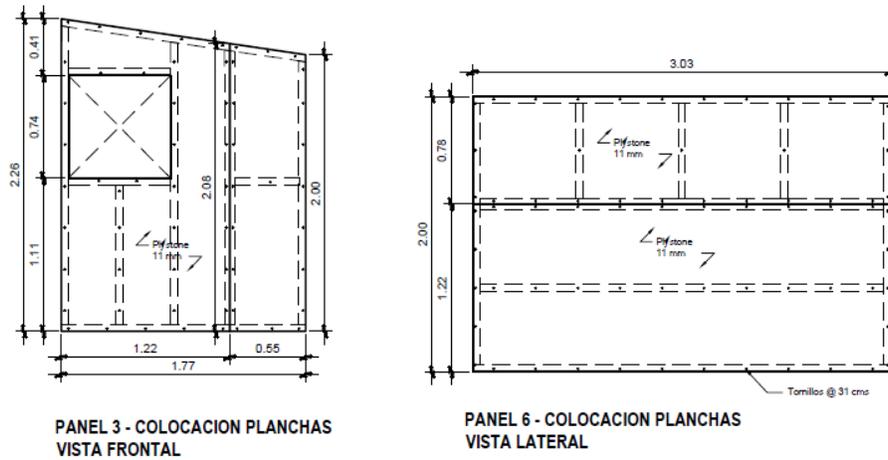
- Muros

Figura 14. Esquema de modulación de fibrocemento en paneles 1 y 2



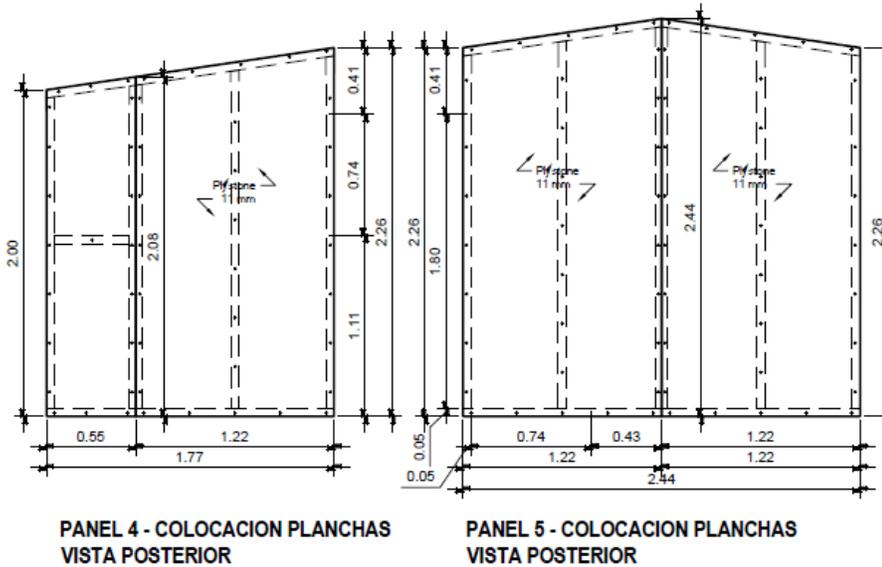
Fuente: Rocaláminas, S. A.

Figura 15. Esquema de modulación de fibrocemento en paneles 3 y 6



Fuente: Rocaláminas, S. A.

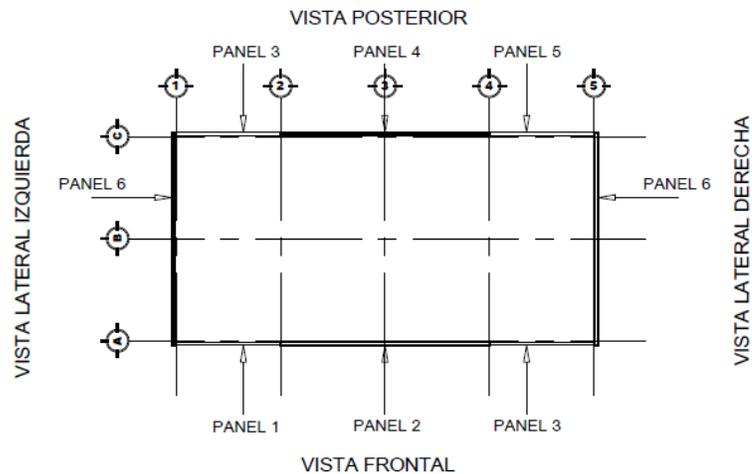
Figura 16. Esquema de modulación de fibrocemento en paneles 4 y 5



Fuente: Rocaláminas, S. A.

- Distribución de armado

Figura 17. **Esquema de colocación de paneles en el armado**



Fuente: Rocaláminas, S. A.

- Especificaciones de planchas y armado
 - Piso
 - Para forro de piso se utilizará 1 lámina plystone de 17 mm lisa de 4'x10'.
 - Las planchas de plystone se colocarán dejando 1 mm de separación entre cada una.
 - Se deberá utilizar tornillo de acero galvanizado de Núm.10 x 1 ¾, cabeza de trompeta con estrías autoavellantes, rosca

s12, punta de broca autopercutor, aletas para perforaciones dilatadas (ph10-175) para fijación de planchas.

○ Muros

- Para el forro de muros frontal y posterior se utilizarán 8 láminas Plystone de 11 mm de 4'x8', con acabado de cedro; para los muros laterales se utilizarán 4 planchas de 4'x10'.
- Deberá dejarse una separación de 1 mm entre placa y placa.
- Se deberá utilizar tornillos de acero galvanizado Núm. 8 de 1 ¼", cabeza de trompeta con estrías autoavellantes, rosca *high-low*, con punta fina autopercutor (PL8-125) para fijación de láminas.
- Las fijaciones de las esquinas nunca deberán quedar alineadas, ni en ángulos de 45°.

Figura 18. **Colocación incorrecta de fijaciones de fibrocemento**



Fuente: Rocaláminas, S. A.

2. FACTORES ECONÓMICOS, TÉCNICOS, AMBIENTALES Y DE USO

2.1. Factores económicos

La fundación Techo, por ser de carácter privado y por financiarse a través de la donación de empresas y particulares, cuenta con un presupuesto bastante limitado para la realización de los proyectos que impulsa. Actualmente el costo de financiar una vivienda es de Q12 000,00 (US\$ 1 500); presupuesto con el cuál debe financiar los costos directos de la vivienda, entendiéndose materiales y los costos indirectos, constituidos por transporte, costos administrativos, entre otros.

A continuación se muestra una tabla que desglosa el costo comercial de todos los rubros que la fundación debe financiar, para la construcción de una vivienda de emergencia, el mismo está realizado en el escenario de una construcción de 12 viviendas, debido a que Techo depende de la masividad para el sostenimiento económico de los proyectos de construcción.

El presupuesto se divide en 2 renglones principales: Costo FOB y LEA.

El costo FOB o *freight on board*, por sus siglas en Inglés, está compuesta por el costo de todos los materiales que conforman la vivienda físicamente, cargado el medio de transporte que los llevará a su destino final y que no son variables según cada proyecto. El costo LEA o Logística, Escuela y Asignación, se compone por todos los costos indirectos que conlleva la construcción de la vivienda. La tasa de cambio aplicada es de Q 8,00 por cada dólar estadounidense.

Tabla III. Precio de vivienda de emergencia

Precio vivienda madera fundación Techo		
Rubro	Costo (Q)	Costo (\$)
FOB		
Kit de vivienda	Q6 000,00	\$750,00
Pilotes	Q442,96	\$55,37
Vigas de piso	Q362 59	\$45,32
Lámina	Q1 085,00	\$135,63
Cumbreras	Q66,12	\$8,27
Pintura	Q196,00	\$24,50
Herraje	Q80,00	\$10,00
Clavos	Q40,00	\$5,00
Aislante	Q750,00	\$93,75
Acrílico	Q550,00	\$68,75
Fob	Q9 572,67	\$1 196,58
Porcentaje	85,41 %	
LEA		
Voluntarios por cuadrillas o vivienda	9	
Detección	Q10,00	\$1,25
Asignación	Q10,00	\$1,25
Transporte material	Q230,77	\$28,85
Transporte voluntarios	Q450,00	\$56,25
Alimentos	Q243,00	\$30,38
Playeras	Q189,00	\$23,63
Bitácoras	Q45,00	\$5,63
Combustible	Q35,00	\$4,38
Presupuesto de escuela	Q55,56	\$6,94
Herramienta	Q180,00	\$22,50
Botiquín	Q50,00	\$6,25
Seguros	Q136,89	\$17,11
Lea	Q1 635,21	\$204,40
Porcentaje	14,59 %	
Costo fob + costo lea	Q11 207,88	\$1 400,99

Fuente: Techo Guatemala.

2.1.1. Ventajas económicas de la madera

Guatemala, siendo un país con alto potencial para la producción forestal, a pesar de la falta de políticas de estado para el desarrollo de dicha industria, hoy en día ofrece precios competitivos en el mercado nacional e internacional. La industria maderera guatemalteca cuenta, según el registro nacional forestal del INAB, con 261 aserraderos autorizados por el Instituto Nacional Forestal, de los cuales la mitad opera en la ciudad capital, lo que permite acceso a ofertas competitivas en la principal zona de operación de la fundación. Guatemala representa ventajas de competitivas en la región centroamericana en este rubro, debido a la gran diversidad de especies que ofrecen sus bosques.

2.1.1.1. Presentación de cotizaciones de madera para la fabricación de viviendas de la fundación Techo

Cotización de madera Aserradero Alemán y Aserradero Don Arturo. Se presentan ambas cotizaciones en la misma tabla, ya que ambos ofrecen precios idénticos para la fabricación de viviendas de madera para la fundación.

Tabla IV. **Cotización vivienda de madera para Techo**

Estructura y revestimientos de paredes					
Sección (pulg)		Pu pie tablar			Q5,10
B	H	Largo	Cantidad	Pies tablares totales + 3 % desperdicio	Precio
2	2	10	38	130,47	Q665,40
2	2	8	4	10,99	Q56,05
2	2	7	14	33,65	Q171,62
2	2	6	4	8,24	Q42,02
2	2	3	14	14,42	Q73,54
2	2	2	12	8,24	Q42,02
1	2	1	2	0,34	Q1,73
1	2	6	2	2,06	Q10,51
5/8	6	8	58	149,35	Q761,69
5/8	6	7	70	157,72	Q804,37
5/8	6	6	7	13,52	Q68,95
5/8	6	4	21	27,04	Q137,90
5/8	6	3	14	13,52	Q68,95
5/8	6	2	28	18,03	Q91,95
5/8	1 1/2	3	2	0,48	Q2,45
1	4	12	8	32,96	Q168,10
2	2	12	8	32,96	Q168,10
1/2	4	8	2	2,75	Q14,03
Subtotal				706,18	Q3,349,37
Duela de piso (machihembrado y cepillado de 1 lado)					
Sección (pulg)		Pu pie tablar			Q6,10
B	H	Largo	Cantidad	Pies tablares totales + 3 % desperdicio	Precio
1	6	7	66	237,93	Q1 451,37
Subtotal				237,93	Q1 451,37
Clavos entorchados para piso de 3,5 pulg.					Q200,00
Fabricación					Q1 000,00
Precio final					Q6 000,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.2. Tabla comparativa de precios según volúmenes de compra

Se define como precio Techo aquel pactado para la producción de 30 viviendas como mínimo mensualmente. El precio comercial es calculado con el precio de mercado del pie tablar para consumo minorista. Los costos operacionales se incrementan 40 por ciento en la oferta comercial, ya que por tratarse de un producto exclusivo para la fundación, la mayoría de empresas necesita implementar nuevos sistemas de producción y se debe capacitar al personal.

Tabla V. Comparación de costos contra precios comerciales

Dimensiones					Precio Techo (Más de 30 viviendas al mes mínimo)		Precio comercial (Precio comprando 1 vivienda)	
					PU pie tablar = Q5,10		PU pie tablar = Q5,50	
B (in)	H (in)	L (ft)	Pies tablares	Cant	P.U. (Q)	Subtotal	P.U. (Q)	Subtotal
2	2	10	3.43		38	Q17,51	Q665,38	Q19,23
2	2	8	2.75	4	Q14,01	Q56,03	Q15,38	Q61,53
2	2	7	2.40	14	Q12,26	Q171,60	Q13,46	Q188,42
2	2	6	2.06	4	Q10,51	Q42,02	Q11,54	Q46,14
2	2	3	1.03	14	Q5,25	Q73,54	Q5,77	Q80,75
2	2	2	0.69	12	Q3,50	Q42,02	Q3,85	Q46,14
1	2	1	0.17	2	Q0,88	Q1,75	Q0,96	Q1,92
1	2	6	1.03	2	Q5,25	Q10,51	Q5,77	Q11,54
5/8	6	8	2.58	58	Q13,13	Q761,69	Q14,42	Q836,36
5/8	6	7	2.25	70	Q11,49	Q804,37	Q12,62	Q883,23
5/8	6	6	1.93	7	Q9,85	Q68,95	Q10,82	Q75,71
5/8	6	4	1.29	21	Q6,57	Q137,89	Q7,21	Q151,41
5/8	6	3	0.97	14	Q4,92	Q68,95	Q5,41	Q75,71
5/8	6	2	0.64	28	Q3,28	Q91,93	Q3,61	Q100,94
5/8	1 1/2	3	0.24	2	Q1,23	Q2,46	Q1,35	Q2,70
1	4	12	4.12	8	Q21,01	Q168,10	Q23,07	Q184,58
2	2	12	4.12	8	Q21,01	Q168,10	Q23,07	Q184,58
1/2	4	8	1.37	2	Q7,00	Q14,01	Q7,69	Q15,38
1	6	7	3.61	66	Q21,99	Q1 451,37	Q23,79	Q1 570,34
Fijaciones				1	Q200,00	Q200,00	Q200,00	Q200,00
Costos operacionales				1	Q1 000,00	Q1 000,00	Q1 400,00	Q1 400,00
					TOTAL	Q6 000,00	TOTAL	Q6 848,00
					DIFERENCIA		Q848,00	
					PORCENTAJE		12.38 %	

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.3. Desventajas económicas del uso de madera en la fabricación modular

La fabricación de viviendas con metodologías modulares con madera o materiales derivados de la misma presenta múltiples ventajas, así como desventajas en el sentido económico. A continuación se describirán algunas de ellas.

- Siendo la madera un producto de origen orgánico, hay muchas consideraciones de su terminación y calidad que no dependen del ser humano, más bien dependen de los procesos naturales. Esto genera incremento en el costo del producto final, ya que el desperdicio es bastante grande.
- Dependiendo de la localización de los bosques explotados por el proveedor, en época lluviosa el costo se incrementa significativamente debido a que los mismos se hacen inaccesibles a los vehículos que transportan las trozas.
- Las medidas con que se comercializa la madera aserrada en el mercado nacional, no empatan con las medidas utilizadas en la fabricación de viviendas de Techo, lo cual requiere de un predimensionamiento de las trozas en el bosque específicamente para la fabricación de los módulos de vivienda que la fundación construye. Esto implica generar alianzas, convenios o contratos específicos con los proveedores, que les permita hacer un manejo de bosques específico para la fabricación de las piezas que componen las viviendas, los cuales son rentables únicamente en la producción a gran escala.

2.1.2. Ventajas económicas del fibrocemento

A continuación se presentan las ventajas económicas del uso de fibrocemento para la fabricación de viviendas.

2.1.2.1. Presentación de cotizaciones de fibrocemento para la fabricación de viviendas de la fundación Techo

Cotizaciones de fibrocemento por parte de la empresa Rocalaminas, S. A., actual proveedor de este material para la fundación Techo.

Tabla VI. **Cotización de vivienda de emergencia de fibrocemento**

Actividad	Total	P.U.	Total
Madera 2x2x6'	16	Q11,50	Q184,00
Madera 2x2x7'	18	Q13,40	Q241,20
Madera 2x2x8'	26	Q15,30	Q397,80
Madera 2x2x10'	23	Q19,15	Q440,45
Madera 2x2x11'	0	Q21,05	
Madera 2x3x8'	6	Q23,00	Q138,00
Madera 2x4x8'	2.25	Q30,65	Q68,96
Madera 2x3x10'	2	Q28,75	Q57,50
Subtotal			Q1 527,91
Madera 2x2x12'	8	Q23,00	Q184,00
Madera 1x4x12'	8	Q23,00	Q184,00
Subtotal			Q368,00
Plystone 4x8x11 mm jaspe	10	Q165,93	Q1 659,30
Plystone 4x10x11 mm jaspe	4	Q205,75	Q823,00
Plystone 4x10x17 mm	5	Q244,69	Q1 223,45
Acrílico 3 mm 0,30x0,60 mts	6	Q55,56	Q333,36
Tornillo spaxs 1 1/4"	440	Q0,28	Q123,20
Tornillo spaxs 1 1/2"	175	Q0,39	Q68,25
Cola blanca	0.5	Q124,44	Q62,22
Patchin cuarto	1	Q50,00	Q50,00
Clavo 4" libra	50	Q5,50	Q275,00
Clavo 3" libra	25	Q5,50	Q137,50
Subtotal			Q4 755,28
Mano de obra ventanas			Q224,00
Mano de obra instalación			Q888,89
Subtotal			Q1 112,89
Total			Q7 764,08

Fuente: Rocaláminas, S. A.

2.1.2.2. Desventajas económicas del uso de fibrocemento para la fabricación de viviendas

El fibrocemento es un material que requiere de un proceso industrial bastante complejo, por lo cual es inviable pensar en una producción propia. La fabricación de dicho material no es local, por lo cual el mismo debe ser importado desde sus plantas de producción en Costa Rica, El Salvador y Honduras, aumentando así sus costos en términos de transporte.

2.2. Aspectos técnicos

Es importante que se consideren las propiedades físicas y mecánicas de ambos materiales para poder determinar cuál es más ventajoso para la aplicación que se busca darle a los mismos.

2.2.1. Ficha técnica del pino oocarpa

- Pino oocarpa
 - Nombre común: pino amarillo u ocote.
 - Nombre Científico: *Pinus oocarpa*.
 - Familia: pinaceae.
 - Color: amarillo pálido.
 - Textura: media.
 - Grado: recto.
 - Tangencial 8,4 alta.
 - Radial 5,53 alta.
 - Relación 1,54 baja.
 - Movimiento: 4,29 medio.

- Densidad (g / cm): 0,55 pesada.
- Dureza Kg: 446 media.
- Resistencia al biodeterioro / hongos: moderadamente durable susceptible a la mancha.
- Termitas: resistente.
- Secado: fácil.
- Tensión de la fibra: 8 000.
- Dureza (janka/n): 5 000.
- Ruptura (PSI) : 14 870.
- Elasticidad: (x10e6 psi): 2,25.

•

- Resistencia

Es resistente aproximadamente 50 por ciento más que el pino radiata.

Esta madera es de fibra extra larga, que en conjunto con sus 20 años de crecimiento, le otorgan una calidad estructural excelente.

- Eficiencia

Formatos más eficientes: el largo de 2,44 metros, permite reducir pérdida hasta un 25 por ciento en el proceso de producción

- Estabilidad

Con un proceso de secado al horno que le brinde un porcentaje de humedad de 19 por ciento se incrementa la propagación de resina, garantizando mayor estabilidad dimensional y resistencia óptima,

minimizando problemas de instalación y posventa al evitar torceduras, pandeo y deformación térmica.

- Seguridad

Su manejo en obra es bastante sencillo debido al tipo de corte con el que se cosecha, además de disminuir las probabilidades de propagación de llama.

- Propiedades del pino oocarpa

Los productos de pino amarillo se distinguen por el tono amarillento de la albura y el rojizo marrón del duramen (corazón). El aspecto puede variar desde limpio a nudoso. Comparado con otras maderas de conífera americanas, es moderadamente pesada, dura, fuerte y resistente a golpes. Otras características son:

- Trabajabilidad

- Remanufacturado: bueno
- Resistencia al rajado por clavo y tornillo: aceptable
- Encolado: muy bueno

- Propiedades físicas

- Densidad (al 12 % de humedad): 570,3 kg/m³

- Contracción tangencial (de saturado a seco al horno): 7,6 %
- Dureza tangencial: 3 100 Newton

2.2.2. Ficha técnica del fibrocemento

El fibrocemento es un material fabricado por el hombre, por lo que tiene características más homogéneas y estables.

Tabla VII. **Características técnicas del fibrocemento**

Características técnicas		
Resistencia al fuego	ASTM E84	
	Propagación de la llama	0
	Contribución al fuego	0
	Desarrollo de humo	0
Movimiento por humedad	ASTM 1185	
	Dilatación contracción	Condiciones de trabajo
		30 % al 90 % hr
	Cámara húmeda	0,10 – 0,15 %
Densidad mínima		0,95 gr/cm
Resistencia mecánica	Módulo de rotura mínima	7 n/mm ²

Fuente: guía de aplicaciones Plycem.

- Propiedades y ventajas

Es aplicable para métodos tradicionales o convencionales de construcción, así como en sistemas de construcción más modernos o de producción en serie. Las láminas de fibrocemento pueden ser utilizadas

para construcción en interiores y exteriores. Además se caracteriza por brindar los siguientes beneficios.

- No contienen productos peligrosos para el ambiente o la salud.
- No son agresivas en los procesos de aplicación.
- Pueden ser cortadas, lijadas, clavadas, desbastadas, perforadas y atornilladas con herramientas convencionales.
- Son buenas aislantes del ruido y del calor.
- Aceptan una gran variedad de acabados.
- Son resistentes a la humedad, no se deshacen ante la presencia del agua, ni se pudren.
- Son buenos aislantes eléctricos.
- Son incombustibles y no producen humo ni gases tóxicos.
- Son resistentes al ataque de hongos, microorganismos, insectos y roedores.

Las láminas planas son rectangulares y de color gris claro. La superficie que se expone al ambiente es lisa pero sin acabados y la cara posterior tiene textura rugosa. Según el uso final, se identifican dos categorías de láminas planas:

- Láminas sin hidrofugar

Para usos interiores, no expuestas al agua.

- Láminas hidrofugadas

Para usos exteriores o en zonas húmedas.

- Espesores

Las láminas son fabricadas desde 5, hasta 30 milímetros de espesor. Los espesores comerciales estándares son los señalados en la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Espesores láminas de fibrocemento**

Tipo de superficie	Espesor (mm)							
	5	6	8	11	14	17	22	30
Sin calibrar lisa	x	x	x	x	x	x	x	x
Calibrada lisa		x	x	x	x	x	x	x
Sin calibrar ranurada			x	x	x	x	x	x
Calibrada ranurada			x	x	x	x	x	x
Textura madera				x	x	x	x	x

Fuente: elaboración propia.

- Dimensiones

Las láminas son producidas en dimensiones máximas nominales de 1 220 mm de ancho y 3 050 mm de longitud. Las láminas se comercializan en los siguientes tamaños:

Tabla IX. **Dimensiones de láminas de fibrocemento**

Dimensiones nominales		Espesor (mm)							
Pies	Milímetros	5	6	8	11	14	17	22	30
2 x 2	610 x 610	x							
2 x 4	610 x 1220	x	x						
4 x 8	1 220 x 2 440		x	x	x	x	x	x	x
4 x 10	1 220 x 3 050			x	x	x	x	x	x

Fuente: elaboración propia.

- Datos técnicos

- Densidad: 1,0 a 1,05 gr/cm³
- Módulo de elasticidad: 3 500 N/mm²
- Módulo de ruptura (Flexión): 10 N/mm²
- Módulo de tracción: 4 N/mm²
- Módulo de compresión: 30 N/mm²

- Expansión lineal (T°): 6,4 a 6,9 E⁻⁶ cm/°C
- Variación dimensional (H30 al 60 %): 0,10 a 0,13 cm/m
- Valor pH: 10
- Características técnicas
 - Resistencia al fuego ASTM E84
 - Propagación de la llama 0
 - Contribución al fuego 0
 - Desarrollo de humo 0
 - Movimiento por humedad ASTM 1185
 - Dilatación contracción condiciones de trabajo: 30 al 90 % HR
 - Cámara húmeda 0,12 - 0,15 %
- Densidad mínima
 - 0,95 gr/cm³
- Resistencia mecánica
 - (Humedad ambiental) Módulo de rotura mínima 7 N/mm²

- Las láminas de fibrocemento pesan entre 1,10 y 1,15 kg/m² de superficie y por cada milímetro de espesor; el peso puede variar en función de la humedad ambiental.
- Tolerancias

Como en todos los productos, las dimensiones de las láminas de fibrocemento deben ser consideradas teniendo en cuenta las tolerancias permitidas por las normas respectivas.

2.2.3. Comparación de las características técnicas

A continuación se muestra una comparación cuantitativa de los materiales.

Tabla X. **Comparación técnica entre madera y fibrocemento**

Descripción	Madera		Fibrocemento	
	Cant.	Unidad	Cant.	Unidad
Módulo de ruptura	102	Mpa	7	Mpa
	101 904 500	Pa	7 000 000	Pa
Tipo de material	Dúctil		Frágil	
Propagación de la llama ASTM E84	200		0	
Contribución al fuego ASTM E84	-		0	
Desarrollo de humo ASTM E84	225		0	
Densidad	0,55 g/cm		0,95 g/cm	
Resistencia a plagas	Media		Alta	
Resistencia a hongos	Baja		Alta	
Contracción por temperatura	Alta		Baja	
Durabilidad sin mantenimiento	5 años		25 años	

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Ventajas y desventajas de aplicación de materiales

A continuación se analizarán las ventajas y desventajas técnicas de ambos materiales.

2.2.4.1. Ventajas y desventajas del uso de madera en la fabricación de viviendas

La madera presenta algunas ventajas sobre otros materiales. A continuación se muestra una tabla comparativa con las ventajas y desventajas en los rubros de interés para la fundación en Guatemala.

Tabla XI. **Ventajas y desventajas de la madera**

Ventajas	Desventajas
Alta resistencia estructural	Requiere de mantenimiento constante
Bajo costo (en estado húmedo)	Necesita tratamiento contra el agua, plagas y hongos
Aislante térmico y acústico medio	No se pueden cubrir grandes luces
No crea impacto en la salud	Debe protegerse contra los rayos del sol
Fácil de trabajar	Alto costo (en estado seco)
Se considera un material resistente a movimientos sísmico por su ductilidad	Alta combustibilidad
Impacto ambiental bajo	Vida útil baja
Recurso renovable	Alta contracción térmica

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Ventajas y desventajas del uso de fibrocemento en la fabricación de viviendas

El fibrocemento presenta algunas ventajas sobre otros materiales. A continuación se muestra una tabla comparativa con las ventajas y desventajas en los rubros de interés para la fundación en Guatemala.

Tabla XII. **Ventajas y desventajas del fibrocemento**

Ventajas	Desventajas
Alta capacidad de aislamiento térmico y acústico	Fragilidad
Alta vida útil	Recurso no renovable
Alta resistencia estructural	Requiere mano de obra especializada
Bajo impacto ambiental	Trabajabilidad dificultosa
Resistente a sismos	Alto costo
No requiere mantenimiento	Producción no local
Baja combustibilidad	-
No crea impacto en la salud	-
No se contrae o expande por variaciones térmicas	

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.3. Comparación de las ventajas y desventajas del uso de materiales

A continuación se detallarán las similitudes entre ambos materiales y se contrastarán las ventajas que tiene un material sobre el otro.

- Similitudes:
 - Alta resistencia estructural
 - No crean impactos negativos en la salud
 - Resistencia sísmica
 - Ventajas de la madera sobre el fibrocemento
 - Mayor resistencia mecánica
 - Producción local
 - Bajo costo

- Ventajas del fibrocemento sobre la madera
 - Gran durabilidad
 - No se contrae o expande por variaciones térmicas
 - No requiere de mantenimiento

2.3. Aspectos medioambientales

A continuación se presentan las características de ambos materiales que pueden tener efectos negativos en el medioambiente.

2.3.1. Factores medioambientales en el uso de madera para la construcción de viviendas en Guatemala

El uso de madera en la construcción de viviendas en Guatemala, es una práctica común, debido a la gran capacidad forestal con la que cuenta el país, pero ha sido una práctica informal, ya que el sector que opta por el uso de viviendas de este material. Por lo general, es la población que se encuentra en situación de pobreza, por lo cual no se cuenta con ninguna regulación en la calidad y sostenibilidad del uso del mismo.

En años recientes, la industria maderera organizada, ha promovido el uso de la madera como una alternativa formal para la construcción de viviendas, e incluso ha logrado que el uso del material pueda ser tomado en cuenta para la obtención de préstamos hipotecarios para las mismas.

En materia de legislación, se cuenta con la ley forestal⁵ la cual establece regulaciones para la producción sostenible de los recursos forestales del país, buscando así reducir la deforestación y el uso desmedido de dichos recursos. Así como la creación del Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) que velan por el cumplimiento de las regulaciones en la ley previamente mencionada.

⁵ Decreto 101-96: ley forestal.

Actualmente el principal uso que se le da a los recursos forestales es como fuente de energía para cocinar, específicamente en el sector de la población que se encuentra viviendo en pobreza.

Cabe mencionar que el uso de madera de forma sostenible y consiente representa una gran ventaja ambiental, especialmente por la ya mencionada vocación forestal con las que cuenta Guatemala.

2.3.2. Factores medioambientales en el uso de fibrocemento para la construcción de viviendas en Guatemala

El fibrocemento, por sus características físicas y químicas, es un material cuya influencia en el medio ambiente puede considerarse como positiva si se compara con los materiales tradicionales, para la construcción de viviendas en Guatemala, como el concreto armado. Pero en comparación con la madera puede mostrarse en desventaja, ya que, a diferencia de la anteriormente mencionada, una de las materias primas utilizada para su fabricación, es un recurso no renovable (cemento). Además que las cantidades de energía necesarias para la fabricación del mismo, puede mostrarse como una gran desventaja medioambiental en el uso de dicho material.

Actualmente no existe legislación que regule el uso de dicho material en Guatemala.

2.4. Situación actual de los materiales

En Guatemala existe suficiente oferta de los materiales que se mencionan en este estudio.

2.4.1. Proveedores

Los proveedores se analizarán en función de las zonas de influencia de la fundación y de las alianzas y relaciones ya existentes de la misma.

2.4.1.1. Proveedores de madera en Guatemala

Siendo Guatemala un país con vocación forestal, existe una gran cantidad de industrias dedicadas a la producción de madera aserrada. A continuación se muestra una tabla con la cantidad de proveedores de madera en las zonas de influencia de las oficinas de la fundación Techo.

Tabla XIII. **Proveedores de madera en zonas de influencia de Techo**

Departamento	Cantidad de proveedores
Chimaltenango	97
Guatemala	189
Quetzaltenango	31
Total	317

Fuente: INAB.

2.4.1.2. Proveedores de fibrocemento en Guatemala

Actualmente en Guatemala la distribución de los productos de fibrocemento detallados en el presente es propiedad de la empresa Plycem, parte del grupo Elementia; Actualmente Plycem tiene operación comercial en 19 países y plantas en Honduras, El Salvador y Costa Rica.

En Guatemala, todas sus ventas se operan a través de la empresa Rocaláminas, S. A. quién es el distribuidor oficial de los productos Plycem en el país y en menor medida a través de Amanco, empresa parte del grupo Elementia.

2.4.1.3. Consideraciones legales en el uso

En el caso de la fundación Techo, la construcción de viviendas no debe apegarse a ningún código de construcción ya que por su forma y tipo, los modelos de vivienda se consideran como bienes muebles, por lo cual no requieren de ningún permiso o regulación relacionada con los códigos de construcción municipales.

3. CRITERIOS ESTRUCTURALES EN LA FABRICACIÓN

3.1. Criterios estructurales en el diseño de estructuras de madera

La madera como un material de construcción, específicamente para viviendas, es poco usual en Guatemala, por lo que existen pocas regulaciones, normas o leyes al respecto de su uso. Para fines de cálculo, se utilizarán criterios extraídos de la Norma Chilena Oficial NCh 1198-1991, Madera – Construcciones en madera – Cálculo y el método de Diseño por Estados Límites.

Los criterios estructurales que se deberán tomar en cuenta en este estudio se muestran a continuación:

- Análisis estructural.
- Dimensionamiento de piezas estructurales de madera aserrada (ya definido).
- Diseño estructural.

Todos los anteriores se pondrán en contexto con el uso que se le da a la vivienda por parte de Techo y las distintas regiones en que trabaja. El enfoque será principalmente teórico.

Tabla XIV. **Esfuerzos básicos para maderas guatemaltecas verde y seca**

Tipo de madera	Peso seco aparente	Flexión estática	Módulo de elasticidad	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Tensión Paralela	Tensión perpendicular	Corte paralelo	Clivaje	Dureza	Extracción de clavos
	gr/cm ³	kg/cm ²	kg/cm ² x 10 ⁵	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg	Kg
Pino colorado (Oocarpa)	0,57	200	1,19	90	23	-	-	20		85	-

Fuente: GODINEZ MANSILLA, William Ramón. *Ingeniería de la madera en Guatemala*. p. 120.

3.1.1. Predimensionamiento de elementos de madera

Para los fines de la vivienda de emergencia, se tomaran en cuenta que los elementos a dimensionar son los que forman parte de la estructura, en el caso del modelo de madera y fibrocemento y el entablado del piso y paredes, solo para la vivienda de madera.

Según lo establecido en la Norma NCh 1198.Of91⁶, sección 8.1.2., las piezas estructurales individuales simples deben tener un espesor mínimo de 25 mm (2 pulg) y una sección transversal mínima de 1 500 mm² (2,33 pulg²), salvo que las especificaciones de los medios de unión exijan dimensiones mínimas superiores.

En la misma sección se indica que, los entablados estructurales deben tener un espesor mínimo de 16 mm (0,63 pulg) y una sección transversal mínima de 1 100 mm² (1,71 pulg²).

⁶ Norma Chilena Oficial, NCh 1198.Of91 – Madera – Construcciones en madera – Cálculo, Instituto Nacional de Normalización, 1999.

3.1.2. Análisis de estructuras de madera

Para este análisis se utilizará el método de Cross para análisis de marcos rígidos y se asumirá que la estructura se comporta como un marco simple en el caso de las paredes.

En el caso de las vigas de piso y el entre piso, solo se confirmará que las dimensiones cumplan con lo especificado en el *Manual práctico de construcción de madera de pino* del Southern Pine Council, tomando en cuenta la integración de cargas de todas las estructuras superiores.

3.1.3. Diseño de elementos de madera

- Cargas de diseño

Las cargas de diseño son todas aquellas resultantes de la integración del peso de los materiales que conforman la estructura final, el peso de todo el mobiliario e implementos y personas que harán uso y completarán el uso de la estructura.

- Cargas muertas

Son aquellas ocasionadas por la gravedad, específicamente de todos los elementos fijos que conformaran la estructura, sistemas de aire acondicionado o calefacción, mobiliario fijo, entre otros.

- Cargas vivas

Son aquellas ocasionadas por la gravedad pero que no son aplicadas de forma permanente, como la gente, los muebles móviles, sistemas de almacenamiento de agua, entre otros.

Dentro de las cargas vivas se encuentran las siguientes:

- Cargas laterales
 - Cargas de viento
 - Cargas de sismo
-
- Factores de carga

Estos son factores reductores-multiplicadores que se aplican a las distintas cargas y características de los materiales, basados en información experimental, que se hacen necesarios para la seguridad de la estructuras cuando el comportamiento

Los factores a tomar en cuenta son:

- Factor de tamaño (CF)

Se aplica a miembros sometidos a flexión (vigas) y se aplica al esfuerzo permisible que se muestra en los códigos o directamente a las cargas aplicadas.

$$CF = \frac{12^{\frac{1}{9}}}{a} \text{ [Ecuación 1]}$$

Donde:

$d =$ peralte de la viga ≤ 12 pulgadas

La expresión anterior aplica únicamente para las vigas que cumplan con los siguientes criterios:

- El miembro es simplemente soportado
 - La carga es uniformemente distribuida
 - La relación luz/peralte es igual a 21
- Factor de forma (Cf)

Se aplica a los esfuerzos permisibles que se muestran en los códigos de construcción y aquellos que han sido ajustados por el factor de tamaño, de igual forma a elementos que se encuentran en flexión de sección transversal rectangular.

Este factor es acumulativo con el factor de tamaño, se aplica para vigas con peralte de hasta 12 pulgadas, de la siguiente manera:

$$Fba = CF \times Cf \times Fbp \text{ [Ecuación 2]}$$

Donde:

Fba = esfuerzo de diseño

CF = factor de tamaño

Cf= factor de forma

$$Cf = 1 - 0,007 \left(\frac{d^{1/2}}{2} - 1 \right) \text{ [Ecuación 3]}$$

Fbp= esfuerzo permisible

- Factor de condición de uso de la madera (CUF)

Este es un factor que depende directamente del incremento o disminución de la humedad de la madera, que a la vez depende de las condiciones locales. Se afectan las propiedades de resistencia según los esfuerzos permisibles y los contenidos de humedad.

A partir de estos conceptos, los factores se aplican de la siguiente forma:

- Para compresión paralela 1,5
 - Para compresión perpendicular 1,5
 - Para esfuerzos de corte 1,15 – 1,25 dependiendo el efecto de grietas, alabeo y pandeo.
- Factor de duración de carga (LDF)

La madera tiene la capacidad de absorber sobrecargas de magnitud considerable en periodos cortos o sobrecargas pequeñas en lapsos de tiempo prolongados. Debido a esta propiedad de la madera, se aplican incrementos a los esfuerzos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XV. **Incremento de esfuerzos para cargas de corta duración**

CARGA O COMBINACIÓN	FACTOR
SOLO CARGA MUERTA	0,90
MUERTA + VIVA DE PISO	1,00
MUERTA + VIV A DE TECHO	1,20
MUERTA + VIENTO O SISMO	1,33
IMPACTO	2,00

Fuente: GODINEZ MANSILLA, William Ramón. *Ingeniería de la madera en Guatemala*. p. 80.

3.2. Criterios estructurales en el diseño de estructuras de fibrocemento

Los criterios estructurales para el diseño serán definidos a partir de la información proporcionada por la fundación Techo.

3.2.1. Cálculo de espesores de piezas de fibrocemento

Según el manual de aplicaciones proporcionado por el fabricante del material, se recomienda el uso de láminas con espesores distintos según su aplicación con los siguientes mínimos:

- Forros de paredes exteriores, 11 mm
- Entrepisos y cubiertas de piso: 17 mm

Debe tomarse en cuenta esto, así como, que a los mismos deben ser aplicados tratamientos hidrorrepelentes.

3.2.2. Análisis de estructuras de fibrocemento

Debido a que la estructura del modelo de vivienda de fibrocemento está compuesto de madera del mismo tipo que en el modelo de madera, se utilizaran las mismas condiciones establecidas en la sección 3.1.2.

3.2.3. Diseño de elementos de fibrocemento

Debido a que la estructura del modelo de vivienda de fibrocemento está compuesto de madera del mismo tipo que en el modelo de madera, se utilizaran las mismas condiciones establecidas en la sección 3.1.3.

3.3. Análisis y diseño estructural del modelo de vivienda de madera

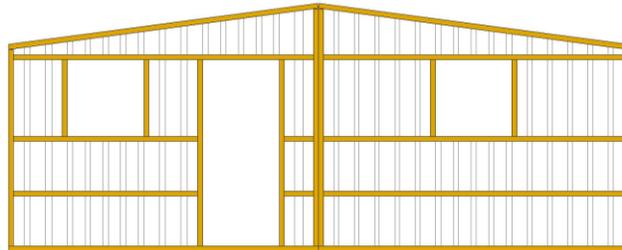
Procedimiento de análisis de estructuras conformadas por marcos rígidos.

3.3.1. Análisis estructural

Para la simplificación del proceso de análisis, se analizará la estructura de la siguiente forma:

- Paneles frontales

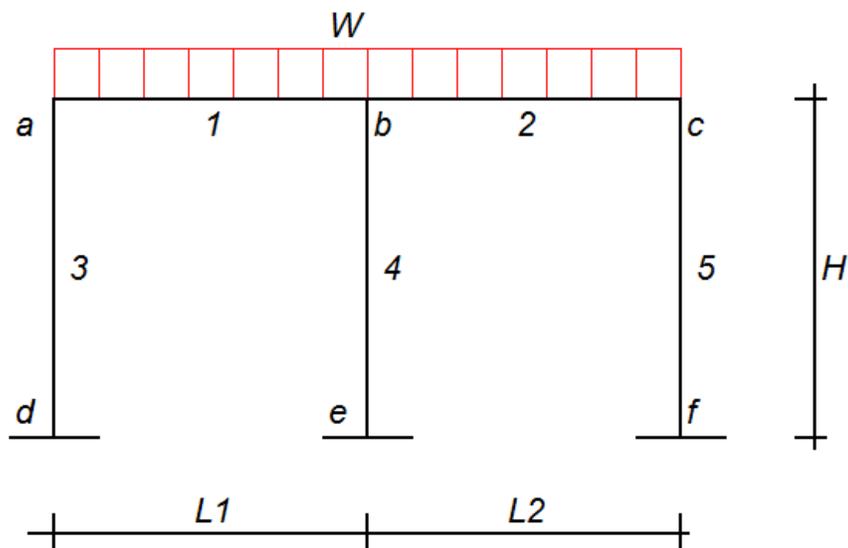
Figura 19. **Paneles frontales**



Fuente: elaboración propia.

El modelo matemático seleccionado para el análisis de los paneles frontales y traseros, es el siguiente:

Figura 20. **Modelo matemático para el análisis estructural de los paneles frontales**



Fuente: RÍOS VEGA, Joel. *Programa para cálculo de estructuras por el método de Cross.*

Donde:

$$\begin{aligned} W &= 2,00 \text{ Ton-m} \\ L1 &= 3,00 \text{ m} \\ L2 &= 3,00 \text{ m} \\ H &= 2,44 \text{ m} \\ I 1 &= 52,08 \text{ cm}^4 \\ I 2 &= 52,08 \text{ cm}^4 \\ I 3 &= 52,08 \text{ cm}^4 \\ I 4 &= 52,08 \text{ cm}^4 \\ I 5 &= 52,08 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Se eligió una carga distribuida de 2,00 Ton-m para realizar el diseño, debido a que la misma sobrepasa las expectativas del diseño de la vivienda y mostrará un comportamiento en condiciones extremas de la misma.

Los valores de inercia fueron definidos a partir de las dimensiones ya especificadas de la estructura de madera. La sección de los elementos estructurales es 2 x 2 pulgadas (5 x 5 cm). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla XVI. **Dimensiones de elementos estructurales y cálculo de inercia 1**

<i>Viga</i>			
Tramo	b	h	bh³/12
<i>ab</i>	5,00	5,00	52,08
<i>bc</i>	5,00	5,00	52,08
<i>Columna</i>			
Tramo	b	h	bh³/12
<i>ad</i>	5,00	5,00	52,08
<i>be</i>	5,00	5,00	52,08
<i>cf</i>	5,00	5,00	52,08

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de momento de empotramiento perfecto

$$\begin{aligned}M^{ab} &= -1,50 \text{ Ton} & M^{ba} &= 1,50 \text{ Ton-m} \\M^{bc} &= -1,50 \text{ Ton} & M^{cb} &= 1,50 \text{ Ton-m}\end{aligned}$$

Cálculo de rigideces relativas

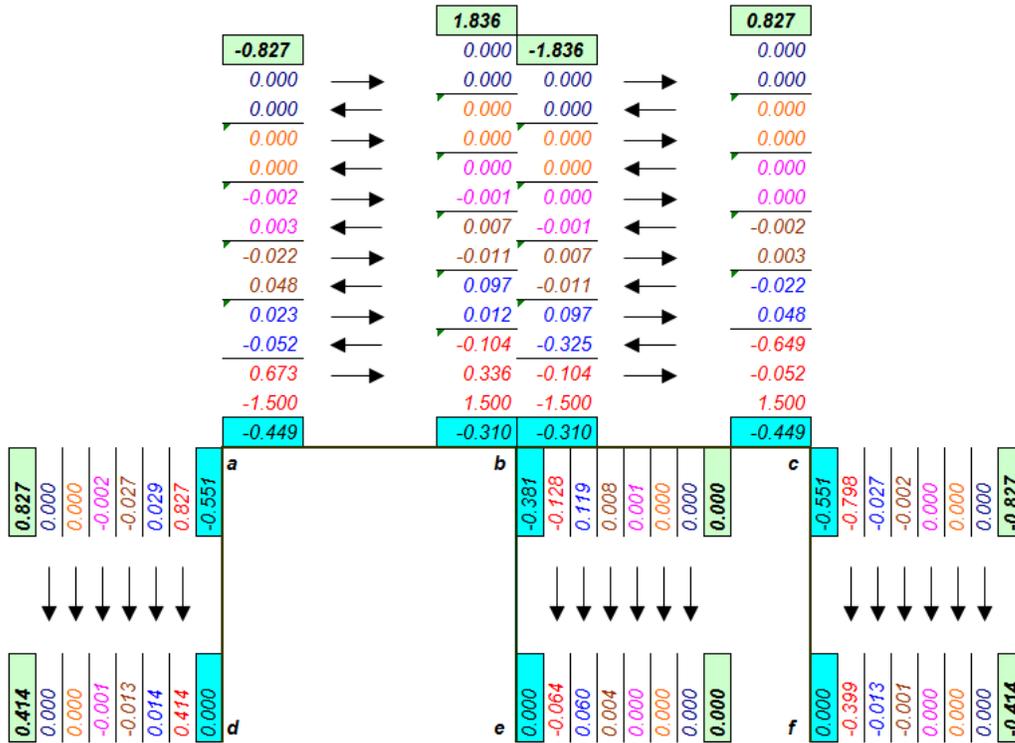
$$\begin{aligned}K_{ab} &= I_1 / L_1 = 0,333333 \text{ I} \\K_{bc} &= I_2 / L_2 = 0,333333 \text{ I} \\K_{da} &= I_3 / H = 0,409836 \text{ I} \\K_{eb} &= I_4 / H = 0,409836 \text{ I} \\K_{fc} &= I_5 / H = 0,409836 \text{ I}\end{aligned}$$

Cálculo de factores de distribución

$$\begin{aligned}C_{ab} &= K_{ab} / K_{ab}+K_{ad} &= -0,449 & C_{ba} &= K_{ba} / K_{ba}+K_{bc}+K_{be} &= -0,310 \\C_{ad} &= K_{ad} / K_{ab}+K_{ad} &= -0,551 & C_{bc} &= K_{bc} / K_{ba}+K_{bc}+K_{be} &= -0,310 \\& & & & C_{be} &= K_{be} / K_{ba}+K_{bc}+K_{be} &= -0,381 \\& & & & & & \boxed{-1,000} \\C_{cb} &= K_{cb} / K_{cb}+K_{cf} &= -0,449 & & & & \boxed{-1,000} \\C_{cf} &= K_{cf} / K_{cb}+K_{cf} &= -0,551 & & & & \\& & & & & & \boxed{-1,000}\end{aligned}$$

Luego se procede a hacer 5 iteraciones en los cuales se obtienen los factores de modificación de carga, dando como resultado el siguiente diagrama:

Figura 21. Iteraciones método de Cross 1



Fuente: RÍOS VEGA, Joel. *Programa para cálculo de estructuras por el método de Cross.*

Obteniendo como resultado los siguientes valores esfuerzos de corte para vigas y columnas, respectivamente:

VIGAS

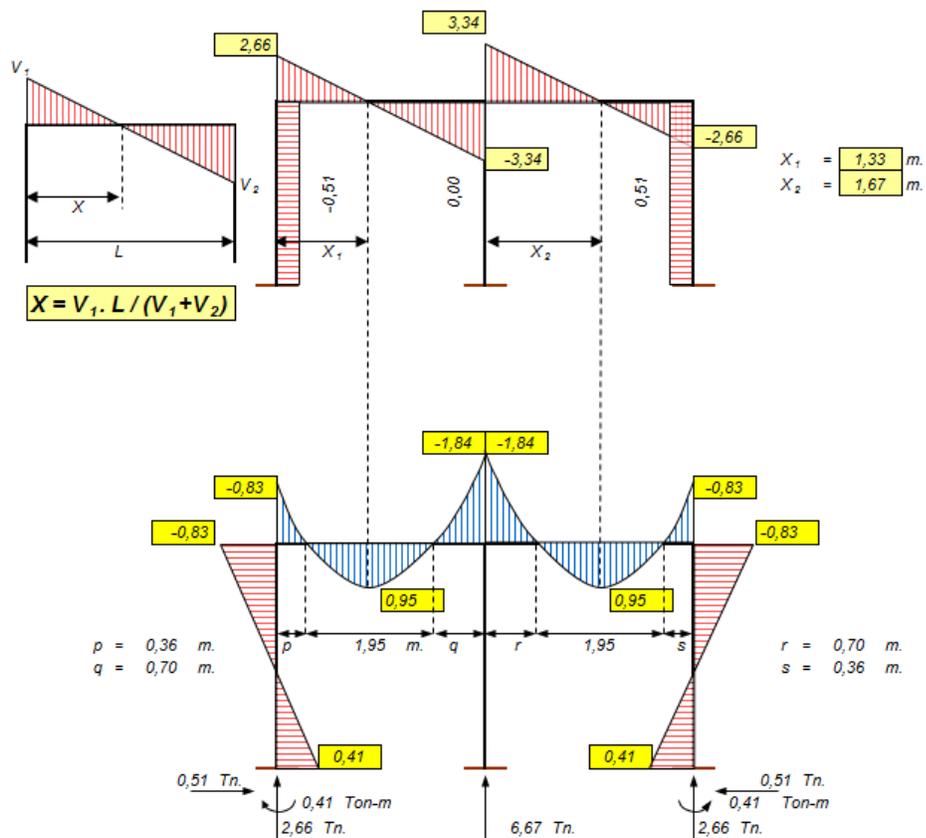
$$\begin{aligned}
 V_{ab} &= +V^0_{ab} - (M_{ab} + M_{ba}) / L_{ab} = 2,66 \text{ Ton} \\
 V_{ba} &= -V^0_{ba} - (M_{ba} + M_{ab}) / L_{ba} = -3,34 \text{ Ton} \\
 V_{bc} &= +V^0_{bc} - (M_{bc} + M_{cb}) / L_{bc} = 3,34 \text{ Ton} \\
 V_{cb} &= -V^0_{cb} - (M_{cb} + M_{bc}) / L_{cb} = -2,66 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

COLUMNAS

$$\begin{aligned}
 V_{da} &= +V^{\circ}da - (M_{da} + M_{ad})/L_{da} &= -0,51 \text{ Ton} \\
 V_{ad} &= -V^{\circ}ad - (M_{ad} + M_{da})/L_{ad} &= -0,51 \text{ Ton} \\
 V_{eb} &= +V^{\circ}eb - (M_{eb} + M_{be})/L_{eb} &= 0,00 \text{ Ton} \\
 V_{be} &= -V^{\circ}be - (M_{be} + M_{eb})/L_{be} &= 0,00 \text{ Ton} \\
 V_{fc} &= +V^{\circ}fc - (M_{fc} + M_{cf})/L_{fc} &= 0,51 \text{ Ton} \\
 V_{cf} &= -V^{\circ}cf - (M_{cf} + M_{fc})/L_{cf} &= 0,51 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

A partir de estos datos se puede elaborar el diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Figura 22. Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores 1



Fuente: RÍOS VEGA, Joel. Programa para cálculo de estructuras por el método de Cross.

Cálculo de momentos máximos positivos.

Para esto se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$M^{+ab} = V_{ab} \cdot X_1 + M_{ab} - W \cdot X_1^2 / 2 \text{ [Ecuación 5]}$$

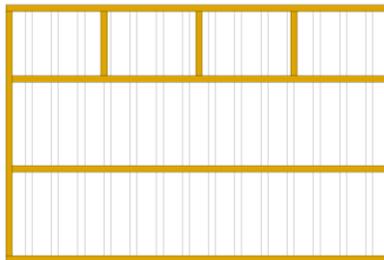
$$M^{+bc} = V_{bc} \cdot X_2 + M_{bc} - W \cdot X_2^2 / 2 \text{ [Ecuación 6]}$$

Obteniendo como resultado

$$\begin{array}{rcl} M^{+ab} & = & 0,95 \quad \text{Ton-m} \\ M^{+bc} & = & 0,95 \quad \text{Ton-m} \end{array}$$

- Panel lateral

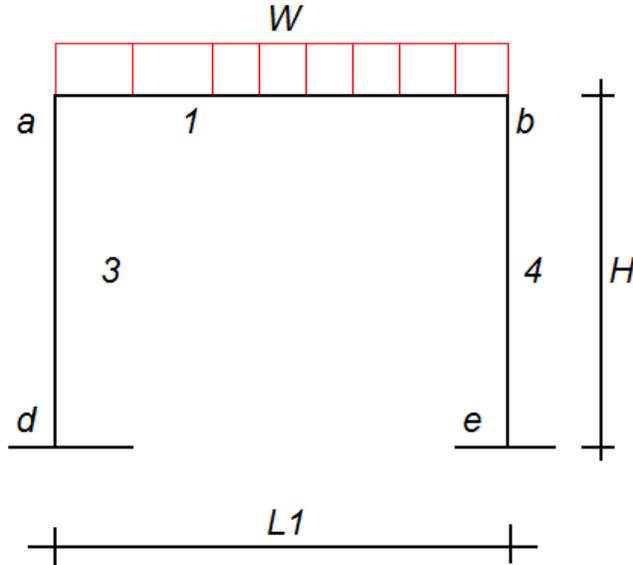
Figura 23. **Panel lateral**



Fuente: elaboración propia.

El modelo matemático seleccionado para el análisis del panel lateral es el siguiente:

Figura 24. **Modelo matemático para el análisis del panel lateral**



Fuente: RÍOS VEGA, Joel. *Programa para cálculo de estructuras por el método de Cross.*

Donde

W	=	2,00	Ton-m
L1	=	3,00	m.
H	=	2,00	m.
I 1	=	52,08	cm ⁴
I3=I4	=	52,08	cm ⁴

Se eligió una carga distribuida de 2,00 Ton-m para realizar el diseño, debido a que la misma sobrepasa las expectativas del diseño de la vivienda y mostrará un comportamiento en condiciones extremas de la misma.

Los valores de inercia fueron definidos a partir de las dimensiones ya especificadas de la estructura de madera. La sección de los elementos estructurales es 2 x 2 pulgadas (5 x 5 cm). En la siguiente tabla se muestran los resultados:

Tabla XVII. Dimensiones de elementos estructurales y cálculo de inercia 2

Viga			
Tramo	b	h	bh ³ /12
ab	5,00	5,00	52,08
bc	5,00	5,00	52,08
Columna			
Tramo	b	h	bh ³ /12
ad	5,00	5,00	52,08
be	5,00	5,00	52,08

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de momento de empotramiento perfecto

$$M^o ab = -1,50 \text{ Ton-m}$$

$$M^o ba = 1,50 \text{ Ton-m}$$

Cálculo de rigideces relativas

$$Kab = I_1 / L_1 = 0,667 \text{ I}$$

$$Kda = I_3 / H = 0,5 \text{ I}$$

$$Keb = I_4 / H = 0,5 \text{ I}$$

Cálculo de factores de distribución

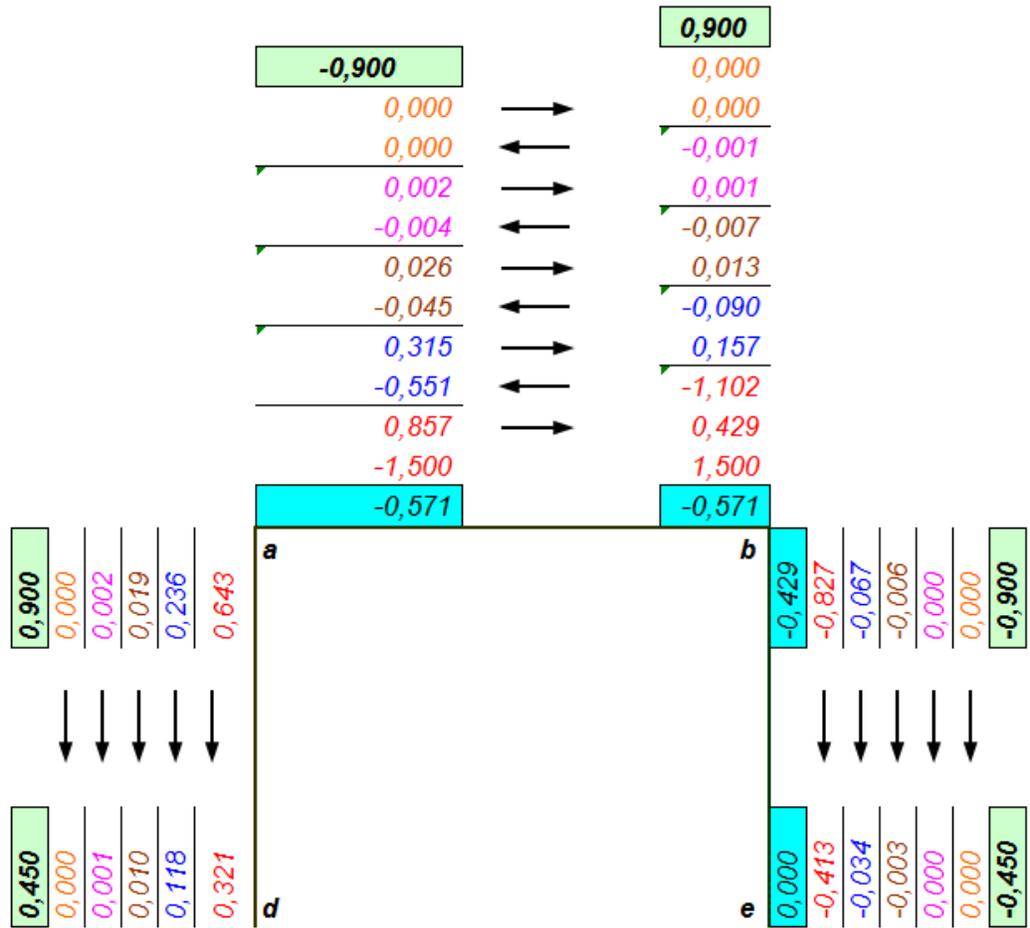
$$Cab = Kab / Kab + Kad = -0,571 \quad Cba = Kba / Kba + Kbe = -0,571$$

$$Cad = Kad / Kab + Kad = -0,429 \quad Cbe = Kbe / Kba + Kbe = -0,429$$

$$\boxed{-1,000} \quad \boxed{-1,000}$$

Luego se procede a hacer 5 iteraciones en los cuales se obtienen los factores de modificación de carga, dando como resultado el siguiente diagrama:

Figura 25. Iteraciones método de Cross 2



Fuente: RÍOS VEGA, Joel. *Programa para cálculo de estructuras por el método de Cross.*

Obteniendo como resultado los siguientes valores esfuerzos de corte para vigas y columnas, respectivamente:

VIGAS

$$V_{ab} = +V^0_{ab} - (M_{ab} + M_{ba}) / L_{ab} = 3,00 \text{ Ton}$$

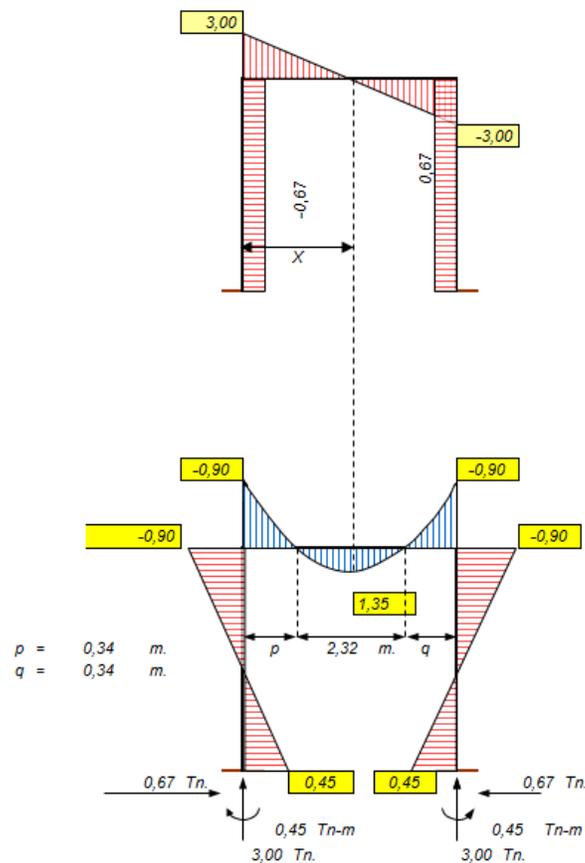
$$V_{ba} = -V^0_{ba} - (M_{ba} + M_{ab}) / L_{ba} = -3,00 \text{ Ton}$$

COLUMNAS

$$\begin{aligned}
 V_{da} &= +V^{\circ}da - (M_{da} + M_{ad})/L_{da} & -0,67 & \text{Ton} \\
 V_{ad} &= -V^{\circ}ad - (M_{ad} + M_{da})/L_{ad} & -0,67 & \text{Ton} \\
 V_{eb} &= +V^{\circ}eb - (M_{eb} + M_{be})/L_{eb} & 0,67 & \text{Ton} \\
 V_{be} &= -V^{\circ}be - (M_{be} + M_{eb})/L_{be} & 0,67 & \text{Ton}
 \end{aligned}$$

A partir de estos datos se puede elaborar el diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores.

Figura 26. Diagrama de esfuerzos cortantes y momentos flectores 2



Fuente: RÍOS VEGA, Joel. Programa para cálculo de estructuras por el método de Cross.

Cálculo de momentos máximos positivos.

Con la ecuación 5 se obtiene:

$$M^{+ab} = 1,35 \text{ Ton-m}$$

3.3.2. Diseño estructural

Debido a que este es un modelo de vivienda ya existente, se considera que no se puede llevar a cabo un diseño estructural como tal, ya que en si se ha demostrado que el mismo funciona y cumple todos los mínimos estructurales para estar en funcionamiento, indicados a su vez en la tabla XIV y en la sección 3.1.1 de este mismo trabajo.

3.4. Análisis y diseño estructural del modelo de vivienda de fibrocemento

Las consideraciones para el análisis y diseño estructural del modelo de vivienda de fibrocemento son exactamente las mismas que el modelo de madera.

3.4.1. Análisis estructural

Debido a que la estructura del modelo de vivienda de fibrocemento está compuesto de madera del mismo tipo que en el modelo de madera, se utilizarán las mismas condiciones de análisis para el mismo.

3.4.2. Diseño estructural

Debido a que este es un modelo de vivienda ya existente, se considera que no se puede llevar a cabo un diseño estructural como tal, ya que en si se ha demostrado que el mismo funciona y cumple todos los mínimos estructurales para estar en funcionamiento, indicados a su vez en la tabla XIV y en la sección 3.1.1. de este trabajo.

3.5. Ventajas y desventajas estructurales

Ambos materiales presentan ventajas y desventajas en su aplicación.

3.5.1. Ventajas y desventajas estructurales del modelo de madera

Estas se describen en la sección 2.2.4.1 para el caso del modelo de madera.

3.5.2. Ventajas y desventajas estructurales del modelo de fibrocemento

Estas se describen en la sección 2.2.4.2 para el modelo de fibrocemento.

3.5.3. Comparación estructural de los modelos de madera y fibrocemento

Estructuralmente ambos modelos se comportan de manera idéntica ya que los marcos estructurales en ambos casos están compuestos con el mismo sistema.

La única diferencia que se puede resaltar, es que en el caso del modelo de vivienda de fibrocemento, la misma presenta una mayor ventaja debido a la durabilidad de dicho material a lo largo del tiempo.

4. COMPARACIÓN DE MODELOS CONSTRUCTIVOS

4.1. Integración de costos de modelos de vivienda

Para el análisis de costos en US\$ se utilizará una tasa de cambio de Q7,96 por US\$ 1,00.

4.1.1. Integración de costos de modelo de vivienda de madera

A continuación se muestra la integración de costos del modelo de vivienda de madera, considerando todos los costos logísticos y de construcción y se incluyen mejoras en calidad al mismo.

Tabla XVIII. Integración de costos de vivienda de madera

Rubro	Costo (Q)	Costo (\$)
MATERIAS PRIMAS		
Kit de vivienda	Q6 000,00	\$750,00
Pilotes	Q442,96	\$55,37
Vigas de piso	Q362 59	\$45,32
Lamina	Q1 085,00	\$135,63
Cumbreras	Q66,12	\$8,27
Pintura	Q196,00	\$24,50
Herraje	Q80,00	\$10,00
Clavos	Q40,00	\$5,00
Aislante	Q750,00	\$93,75
Acrílico	Q550,00	\$68,75
SUBTOTAL	Q9 572,67	\$1 196,58
COSTOS LOGÍSTICOS Y DE CONSTRUCCIÓN		
Detección	Q10,00	Q1,25
Asignación	Q10,00	Q1,25
Transporte material	Q230,77	Q28,85
Transporte voluntarios	Q450,00	Q56,25
Alimentos	Q243,00	Q30,38
Playeras	Q189,00	Q23,63
Bitácoras	Q45,00	Q5,63
Combustible	Q35,00	Q4,38
Presupuesto de escuela	Q55,56	Q6,94
Herramienta	Q180,00	Q22,50
Botiquín	Q50,00	Q6,25
Seguros	Q136,89	Q17,11
SUBTOTAL	Q1 635,21	\$204,40
COSTO TOTAL	Q11 207,88	\$1 400,99

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la fundación Techo.

4.1.2. Integración de costos de modelo de vivienda de fibrocemento

A continuación se muestra a integración de costos del modelo de vivienda de fibrocemento.

Tabla XIX. Integración de costos de vivienda de fibrocemento

Descripción	Costo (\$)	Costo (Q)
Láminas de Fibrocemento	\$370,19	Q2 946,71
Mano de Obra	\$200,00	Q1 592,00
Fijaciones y acrílicos	\$124,34	Q989,75
Estructura de madera	\$255,47	Q2 033,53
Pilotes	\$46,85	Q372,96
Vigas de piso	\$48,24	Q384,00
Lamina	\$136,31	Q1 085,00
Cumbreras	\$8,31	Q66,12
Pintura	\$24,62	Q196,00
Herraje	\$10,05	Q80,00
Clavos	\$5,03	Q40,00
Detección	\$1,26	Q10,00
Asignación	\$1,26	Q10,00
Transporte material	\$28,99	Q230,77
Transporte Voluntarios	\$56,53	Q450,00
Alimentos	\$30,53	Q243,00
Playeras	\$23,74	Q189,00
Bitácoras	\$5,65	Q45,00
Combustible	\$4,40	Q35,00
Presupuesto de escuela	\$6,98	Q55,56
Herramienta	\$22,61	Q180,00
Botiquín	\$6,28	Q50,00
Seguros	\$17,20	Q136,89
COSTO TOTAL	\$1 434,83	Q11 421,28

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la fundación Techo.

4.2. Análisis costo/beneficio de la implementación de los sistemas

Dentro de los procesos de la fundación Techo Guatemala, los costos logísticos y de construcción suelen ser muy variables, esto debido a la obtención de beneficios, tales como donaciones. Por ese motivo, para comparar desde una perspectiva de costos ambos modelos, se utilizará únicamente el costo de materias primas para ambos modelos.

A continuación se muestra una tabla comparativa para ambos modelos.

Tabla XX. **Comparación de costos de ambos modelos constructivos**

Modelo de vivienda	Madera	Fibro cemento	Diferencia	Diferencia porcentual
Costo (US\$)	\$ 1 196,58	\$ 1 229,41	\$ 32,82	3 %
Costo (Q)	Q 9 572,67	Q 9 786,07	Q 213,40	

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que la diferencia en costos es del 3 por ciento.

En los capítulos anteriores se logra resaltar que la única diferencia significativa entre modelos de vivienda era la vida útil de los mismos.

Se asignaron durabilidades mínimas, obtenidas de las especificaciones de los materiales, asumiendo que se respetarán los lapsos de mantenimiento.

- Siete años para la vivienda de madera
- Veinticinco años para la vivienda de fibrocemento

A partir de ese análisis, a continuación se muestra una tabla que detalla el comportamiento de ese incremento en el costo a lo largo del tiempo.

Tabla XXI. **Comparación de costos en un lapso de 50 años**

Modelo de vivienda	Madera	Fibrocemento	Diferencia	
Costo (Q)	Q 9 572,67	Q 9 786,07	Q 213,40	
Costo (US\$)	\$ 1 196,58	\$ 1 229,41	\$ 32,82	
Durabilidad estimada en años	7	25	18	
Frecuencia de mantenimiento en años	1	5	4	
Costo de mantenimiento (Q)	Q 800,00	Q 1 500,00	Q 700,00	
Costo de mantenimiento (US\$)	\$ 100,50	\$ 188,44	\$ 87,94	
Cantidad de veces de mantenimiento en su vida útil	7	5	-2	
Costo de mantenimiento en su vida útil(Q)	Q 5 600,00	Q 7 500,00	Q 1 900,00	Diferencial porcentual
Costo de mantenimiento en su vida útil(US\$)	\$ 703,52	\$ 942,21	\$ 238,69	
COSTO TOTAL EN SU VIDA UTIL (Q)	Q 15 172,67	Q 17 286,07	Q 2 113,40	12 %
COSTO TOTAL EN SU VIDA UTIL (US\$)	\$ 1 906,11	\$ 2 171,62	\$ 265,50	
Cantidad de viviendas a construir en un lapso de 50 años	7	2		
COSTO TOTAL(Q)	Q 13 615,10	Q 4 343,23	-Q9 271,87	213 %
COSTO TOTAL (US\$)	\$ 1 710,44	\$ 545,63	\$-1 164,81	

Fuente: elaboración propia.

A partir de este análisis se puede concluir que la vivienda de fibrocemento es 213 por ciento menos costosa que la vivienda de madera, asumiendo que se invertirá en la renovación de los espacios al final de su vida útil.

Este análisis aclara que, a pesar de que el modelo de vivienda de fibrocemento muestra ser más costoso al momento de su adquisición, el costo de la misma se compensa debido a su larga durabilidad, lo cual es un beneficio para la familia beneficiada en términos de habitabilidad y bienestar y económicamente para la fundación Techo, ya que asegura que la dignidad de la familia beneficiada estará resguardada por más tiempo con dicha inversión.

CONCLUSIONES

1. El déficit habitacional en Guatemala es una problemática que debe ser atendido con alternativas de vivienda accesibles, para las personas menos favorecidas y la fundación Techo Guatemala, actualmente trabaja con una metodología que propone la alternativa esperada.
2. Se pudo observar que Guatemala por ser un país de vocación forestal, la fundación Techo Guatemala, tiene la posibilidad de poder generar un abastecimiento sostenible y de bajo costo de viviendas de madera.
3. Se logró determinar que el fibrocemento es un material cuyas propiedades permiten que se fabrique de manera sostenible y ecológica, además de ser un producto fabricado regionalmente.
4. Se concluye que el comportamiento estructural de ambos modelos de vivienda es idéntico, ya que los mismos están compuestos por el mismo sistema estructural, el cual está fabricado del mismo material con diferentes características de humedad, cuyo único efecto se observa en la durabilidad de los mismos.
5. Se pudo calcular que a pesar que el modelo de vivienda de fibrocemento es más costoso que el modelo de vivienda de madera, en el momento de su compra, el costo del primero se justifica a lo largo del tiempo, ya que el mismo es más duradero.

6. El modelo de vivienda de fibrocemento muestra ser más adaptable a las inclemencias climáticas del territorio de Guatemala.

RECOMENDACIONES

1. La fundación Techo debe llevar a cabo un plan de monitoreo de las viviendas construidas e implementar un plan de mantenimiento.
2. Definir el modelo de vivienda de fibrocemento como el único modelo constructivo de la fundación Techo Guatemala, ya que el mismo demuestra ser más beneficioso técnica y financieramente.
3. Se deben realizar alianzas con el principal fabricante de fibrocemento en la región, para reducir los costos significativamente y aminorar el impacto financiero del cambio de modelo.
4. La propuesta de vivienda de Techo ofrece una solución a corto plazo, pero para buscar soluciones a largo plazo para la problemática habitacional del país. Se deben implementar políticas por parte del estado, que permitan el acceso a alternativas de vivienda digna a la población.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing Materials. *Standard Test Method for Surface Burning Characteristics of Building Materials E-84 01 24 CFR 3280.203(a)*. EE.UU: ASTM, 2010. 21 p.
2. Centro de Estudios Urbanos y Regionales. *El problema forestal de Guatemala*. [en línea]: Boletín 1. <http://ceur.usac.edu.gt/pdf/Boletin/Boletin_CEUR_01.pdf> [Consulta: 8 de mayo de 2013].
3. Corporación Chilena de la Madera. *Manual: la construcción de viviendas en madera*. [en línea]: <http://www.corma.cl/_file/material/unidad_1-maderaviviendas-en-madera-biblioteca.pdf> [Consulta: 7 de abril de 2013].
4. Fundación Techo Chile. *V elemento, historia de la vivienda de emergencia: Un Techo Para Chile*. Chile: Fundación Techo Chile. 2005. 9 p.
5. GODINEZ MANSILLA, William Ramon. *Ingeniería de la madera en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 123 p.
6. Gremial Forestal de Guatemala: *Somos un Cluster Forestal*. 14o ejemplar, 2008. 8 p.

7. Guatemala. Congreso de la República. *Decreto 101-96, Ley Forestal*. Guatemala: Congreso de la República, 1996. 36 p.
8. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. *Evaluación del estado actual del método diseño de los estados límites (LSD) para estructuras de maderas*. [en línea]: (Capítulo I). <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/24180/1/articulo44_1_3.pdf> [Consulta: 5 de junio de 2014].
9. Universidad Rafael Landívar. *Situación de la industria forestal en Guatemala: aspectos técnicos, legales y económicos*. [en línea]: <<http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/83/Archivos/Departamento%20de%20Investigaciones%20y%20publicaciones/Articulos%20Doctrinarios/Agr%C3%ADcolas/Industria%20forestal%20en%20Guatemala.pdf>> [Consulta: 9 de octubre de 2013].

APÉNDICES

Apéndice 1. Planilla de gastos

Tipo de cambio	Q7.96
----------------	-------

PLANILLA DE GASTOS				
Descripción	PU (Q)	PU (\$)	Subtotal	Subtotal (\$)
Kit de vivienda	Q7 761,00	\$975,00	Q77 610,00	\$9 750,00
Pilotes	Q466,20	\$58,57	Q4 662,00	\$585,68
Vigas de piso	Q396,80	\$49,85	Q3 968,00	\$498,49
Lámina	Q1 085,30	\$136,34	Q10 853,00	\$1 363,44
Cumbreras	Q68,84	\$8,65	Q688,35	\$86,48
Pintura	Q196,00	\$24,62	Q1 960,00	\$246,23
Herraje	Q36,00	\$4,52	Q360,00	\$45,23
Clavos	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
FOB	Q10 010,14	\$1 257,55	Q100 101,35	\$12 575,55
Detección	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Asignación	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Transporte material	Q120,00	\$15,08	Q1 200,00	\$150,75
Transporte Voluntarios	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Alimentos	Q65,18	\$8,19	Q651,79	\$81,88
Playeras	Q239,00	\$30,03	Q2 390,00	\$300,25
Bitácoras	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Combustible	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Presupuesto de escuela	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Herramienta	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Botiquín	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
Seguros	Q0,00	\$0,00	Q0,00	\$0,00
LEA	Q424,18	\$53,29	Q4 241,79	\$532,89
FOB + LEA	Q10 434,31	\$1 310,84	Q104 343,14	\$13 108,43

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Planilla de gastos vrs. Presupuesto

Tipo de cambio	Q7,96
----------------	-------

PLANILLA DE GASTOS			
Descripción	PU PRESUPUESTADO (\$)	PU GASTADO (\$)	% GASTO VS PRESUPUESTO
Kit de vivienda	\$950,00	\$975,00	102,63 %
Subtotal	\$950,00	\$975,00	102,63 %
Pilotes	\$46,85	\$58,57	125,00 %
Vigas de piso	\$48,24	\$49,85	103,33 %
Lamina	\$136,31	\$136,34	100,03 %
Cumbreras	\$8,31	\$8,65	104,11 %
Pintura	\$24,62	\$24,62	100,00 %
Herraje	\$10,05	\$4,52	45,00 %
Clavos	\$5,03	\$0,00	0,00 %
Subtotal	\$279,41	\$282,55	101,13 %
FOB	\$1 229,41	\$1 257,55	102,29 %
Detección	\$1,26	\$0,00	0,00 %
Asignación	\$1,26	\$0,00	0,00 %
Transporte material	\$28,99	\$15,08	52,00 %
Transporte Voluntarios	\$56,53	\$0,00	0,00 %
Alimentos	\$30,53	\$8,19	26,82 %
Playeras	\$23,74	\$30,03	126,46 %
Bitacoras	\$5,65	\$0,00	0,00 %
Combustible	\$4,40	\$0,00	0,00 %
Presupuesto de escuela	\$6,98	\$0,00	0,00 %
Herramienta	\$22,61	\$0,00	0,00 %
Botiquin	\$6,28	\$0,00	0,00 %
Seguros	\$17,20	\$0,00	0,00 %
LEA	\$205,43	\$53,29	25,94 %
FOB + LEA	\$1 434,83	\$1 310,84	91,36 %

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Precio final de vivienda

PRECIO FIBROCEMENTO CON MEJORAS

Rubro	Costo (Q)	Costo (\$)
FOB		
Kit de vivienda	Q5 599,78	\$699,97
Madera de estructura	Q1 250,00	\$156,25
Madera estructura de techo	Q350,22	\$43,78
Pilotes	Q372,96	\$46,62
Vigas de piso	Q292,59	\$36,57
Lámina	Q1 085,00	\$135,63
Cumbreras	Q66,12	\$8,27
Pintura	Q196,00	\$24,50
Herraje	Q80,00	\$10,00
Clavos	Q40,00	\$5,00
FOB	Q9 332,67	\$1 166,58
PORCENTAJE	85,09 %	
LEA		
Voluntarios por cuadrillas o vivienda	9	
Detección	Q10,00	Q1,25
Asignación	Q10,00	Q1,25
Transporte material	Q230,77	Q28,85
Transporte Voluntarios	Q450,00	Q56,25
Alimentos	Q243,00	Q30,38
Playeras	Q189,00	Q23,63
Bitácoras	Q45,00	Q5,63
Combustible	Q35,00	Q4,38
Presupuesto de escuela	Q55,56	Q6,94
Herramienta	Q180,00	Q22,50
Botiquín	Q50,00	Q6,25
Seguros	Q136,89	Q17,11
LEA	Q1 635,21	\$204,40
PORCENTAJE	14,91 %	
costo fob + costo lea	Q10 967,88	\$1 370,99

Fuente: elaboración propia

ANEXOS

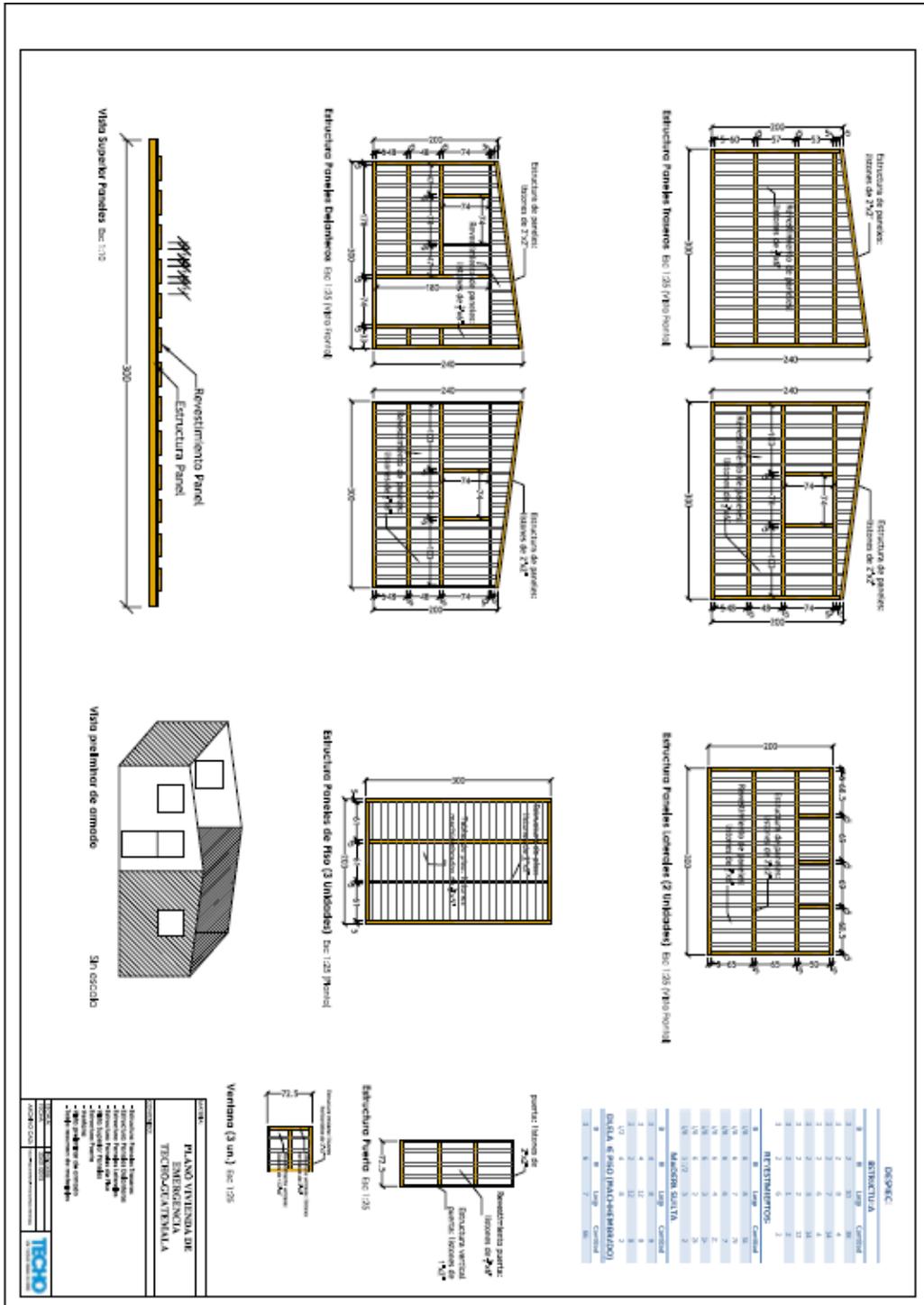
Anexo 1. Combinación de cargas

CUADRO 6.2

CARGA O COMBINACION	FACTOR
SOLO CARGA MUERTA	0.90
MUERTA + VIVA DE PISO	1.00
MUERTA + VIVA DE TECHO	1.25
MUERTA + VIENTO O SISMO	1.33
IMPACTO	2.00

Fuente: GODINEZ MANSILLA, William Ramón. *Ingeniería de la madera en Guatemala*.

Anexo 2. Plano de vivienda de emergencia de la fundación Techo.



Fuente: fundación Techo Guatemala.

Apendice 3. **Propiedades mecánicas para madera guatemalteca.**

TABLA No. 2.1
ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUATEMALTECAS
APLICABLES A MADERA VERDE O POCO SAZONADA Y MADERA SECA AL AIRE (a) (b) (c)*

Especie	Peso seco aparente gr./cm.3	Flexión Estática Kg./cm.2	Módulo de Elasticidad Kg./cm.2x10 ⁻⁵	Compresión paralela Kg./cm.2	Compresión perpendicular Kg./cm.2	Tensión paralela Kg./cm.2	Tensión perpendicular Kg./cm.2	Corte paralelo Kg./cm.2	Clivaje Kg./cm.2	Dureza Kg.	Extracción de clavos Kg.
Ciprés	0.51	160	0.75		23	160	7	7	8		
Pino coloreado (ocarpa)	0.57	200	1.19	90	23			20		85	
Pino Petén (caribeae)	0.67	215	1.20	90	21			22		100	10
Otros pinos	0.37	115	0.66	55	13			16		40	
Caoba	0.48	160	0.76	70	45	125	7	10	16	265	30
Canoj	0.65	130	1.00	70	20	100	10	10	19	200	
Cedro	0.43	95	0.46	40	35	80	10	7	16	180	19
Cenicero	0.61	130	0.72	65	45	100	10	10	11	350	30
Conacaste	0.42	95	0.56	35	20	90	10	7	9	195	9
Chichique	0.72	245	1.38	120	60	235	7	9	12	450	
Chichipate	0.72	210	1.20	105	55	160	10	15	25	730	53
Marillo	0.62	100	0.85	60	45	145	16	12	20	360	40
Volador	0.65	165	1.05	75	35	155	10	11	24	430	50

* Tomado de referencia No. 8.

Observaciones:

- a) Solo se permite incrementos sobre estos esfuerzos, para madera seca al aire en caso que las piezas sean de 10 cm. de grosor.
- b) En la columna 6 (Tensión paralela). Se sugiere tomar los valores de flexión estática (columna 2).
- c) Para obtener los esfuerzos permisibles de trabajo, deben corregirse los datos de esta tabla (ver tablas 2.2, 2.3 y 2.4).

Fuente: Godinez Mansilla, William Ramón. Ingeniería de la madera en Guatemala.

